



<36601791640012

Physikalisches Wörterbuch.

XI. Band.

Sach- und Namen-Register

mit ergänzenden Zusätzen

von

G. W. Muncke.

Nebst Nachträgen

zum

Verzeichniss geographischer Ortsbestimmungen

von

C. L. v. Littrow.

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Brandes. Gmelin. Horner. Littrow. Muncke. Pfaff.

Eilfter Band.

Sach- und Namen-Register

mit ergänzenden Zusätzen

von

G. W. Muncke.

Nebst Nachträgen

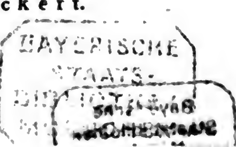
zum Verzeichniss geographischer Ortsbestimmungen

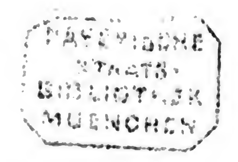
von

C. L. v. Littrow.

Mit V Kupfertafeln.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1845.





Vorrede.

Im Jahre 1822 vereinigten sich die rühmlichst bekannten Gelehrten Brandes in Breslau, Gmelin in Heidelberg, Horner in Zürich und Pfaff in Kiel mit mir zur gemeinschaftlichen Umarbeitung des seit seinem Erscheinen allgemein als vortrefflich anerkannten *Gehler'schen Wörterbuchs der Physik*, und wir machten diesen Entschluss im März des folgenden Jahres öffentlich bekannt. Jeder der Mitarbeiter übernahm die Verantwortlichkeit für die von ihm gewählten Fächer, und unterschrieb daher die dazu gehörigen Artikel, deren Zusammenhang unter sich und mit verwandten Zweigen vorher genau verabredet war. Die auf die Sorge für Einheit und systematische Anordnung des Ganzen beschränkte Redaction zu übernehmen mufste ich mich endlich entschliefsen, da die anderen Mitarbeiter meine auf ihre weit gröfsere Celebrität gegründeten dringenden Bitten standhaft zurückwiesen. Vielleicht liegt indefs hierin der Grund, dafs das grofse Werk nicht nach Art mancher anderer unvollendet geblieben ist, da Brandes und Horner nicht so glücklich waren, die Beendigung ihres mit so grofsem Eifer begonnenen Unternehmens zu erleben.

Nach dem anfänglichen Plane sollte das Ganze acht Bände, jeden von drittehalb Alphabeten, umfassen und in vier Jahren vollendet seyn; es zeigte sich aber bald, dafs die Grenze des Umfanges zu eng gesteckt sey, und dafs auch die bestimmte

Frist nicht eingehalten werden könne, wenn wir die versprochene und begonnene Vollständigkeit und Gründlichkeit nicht aufgeben wollten. Wir arbeiteten indefs mit unermüdetem Fleifse, die Verlagshandlung machte gegen den unerwartet erweiterten Umfang keine Einwendung und die einzelnen Bände folgten einander so schnell, dafs wir uns keinen gerechten Klagen des Publicums aussetzten, dessen ermunternder Beifall vielmehr belebend auf uns wirkte. Für diese gütige Nachsicht der Sachkenner, die wohlvertraut mit den grofsen zu überwindenden Schwierigkeiten ein günstiges Urtheil über unsere Leistungen fällten, mufs ich hier nicht blofs in meinem Namen, sondern auch im Namen der drei Mitarbeiter, die leider längst im Grabe ruhen, den aufrichtigsten Dank öffentlich aussprechen; denn oft haben jene in ihren zahlreichen, mit mir gewechselten Briefen den Wunsch ausgesprochen, Besseres und Vollständigeres zu liefern, wenn nur ihre Kräfte solches zu leisten gestatteten.

Leider wurde Horner in Folge seiner ächt patriotischen Gesinnungen und des grossen Vertrauens, welches seine Mitbürger in seine Einsichten und seine erprobte hohe Rechtlichkeit setzten, in politische und administrative Geschäfte seines Cantons gezogen und seine Zeit dadurch verkürzt; seine Gesundheit hatte in Folge der weiten Seereisen gelitten, und da gleichzeitig die Lehre vom Magnetismus täglich neue und wichtige Zusätze erhielt, so blieb er bei seinem Streben nach möglichster Vollständigkeit und Gründlichkeit in der Bearbeitung der von ihm übernommenen wichtigen Aufgabe zurück, und der siebente Band mufste vor dem sechsten gedruckt werden, um eine allzulange Stockung zu vermeiden. Doch im Jahre 1834 häuften sich die Hindernisse einer endlichen Vollendung des Unternehmens bis zum Unübersteiglichen; denn unerwartet entrifs der Tod im Mai den trefflichen Brandes im noch kräftigen Mannesalter seinen zahlreichen Freunden und der gelehrten Welt. Wie tief mich dieser Verlust eines Freundes

verwundete, welcher aufser persönlicher Bekanntschaft durch gemeinschaftliche Bestrebungen und einen deswegen lange Zeit fortgesetzten vertraulichen-Briefwechsel innigst mit mir verbunden war, darf ich zu beschreiben nicht versuchen. Inzwischen hoffte ich, dafs Horner die wenigen noch nöthigen astronomischen Beiträge übernehmen, zur Bearbeitung des nothwendig erforderlichen Artikels *Undulation* aber, in welchem Brandes die wichtigsten Nachträge zur Optik aufzunehmen beabsichtigte, irgend ein mit diesem Zweige der Physik hinlänglich vertrauter Gelehrter sich bereitwillig finden werde. Doch diese Hoffnung verschwand gänzlich, als auch der unvergefsliche Horner im November des nämlichen Jahres den lange erduldeten rheumatischen Uebeln erlag und den bereits zum gröfsten Theile abgedruckten Artikel *Magnetismus* unbeendigt liefs. Vergebens versuchte ich, die Vollendung dieses wichtigen Theils des ganzen Werkes durch einen der Aufgabe gewachsenen Gelehrten zu erhalten, und mufste mich daher entschliefsen, ihn selbst so gut wie möglich zu ergänzen, obgleich der verewigte Horner durchaus kein vorgearbeitetes Material hinterlassen hatte.

Durfte ich gleich hoffen, diese schwierige Aufgabe im Vertrauen auf gütige Nachsicht des die Umstände berücksichtigenden Publicums zu bezwingen, so war doch die Masse der zur Vollendung des ganzen Werkes noch erforderlichen Arbeiten so grofs, dafs ich die Hoffnung hierzu hätte aufgeben müssen, wenn nicht v. Littrow als rüstiger und thätiger Mitarbeiter einzutreten sich bereitwillig erklärt hätte. Durch diesen erhielt der mathematische und insbesondere der astronomische Theil des Werkes eine über den anfänglichen Plan hinausgehende Erweiterung; allein seine trefflichen Artikel, und unter diesen namentlich *Weltall* und *Weltsystem*, werden sicher von allen Physikern und selbst auch blofs Liebhabern der physikalischen Wissenschaften mit hohem Interesse und zu gründlicher Belehrung gelesen werden. Durch seine kräftige

Unterstützung wurde es nicht blofs möglich, die noch vorhandenen Lücken auszufüllen, sondern mir selbst auch die nöthige Erleichterung verschafft, meine eigenen Beiträge, namentlich die Wärmelehre, gehörig auszuarbeiten; als gleich einem Blitzstrahl bei hellem Himmel mich die betrübende Nachricht traf, dafs auch ihn ein frühzeitiger Tod mitten in regster literarischer Thätigkeit ereilt habe. Glücklicherweise fanden sich indefs alle seine Beiträge vollständig ausgearbeitet vor, und diese füllen nebst denen von Gmelin und meinen eigenen die beiden letzten Bände des Werkes. So wurde also dasselbe im Jahre 1842 bis auf einen kleinen Rest, welcher nebst den geographischen Tabellen vom jüngeren v. Littrow die dritte Abtheilung des zehnten Bandes bildet, glücklich vollendet, nachdem drei der Mitarbeiter, also gerade die Hälfte, durch frühzeitigen Tod dahin gerafft worden waren und der ehrwürdige Veteran der deutschen Physiker, Pfaff, durch dauerndes Augenübel gehindert wurde, den letzten seiner Artikel, *Turmalin*, auszuarbeiten. Selbst der Kupferstecher, dessen frühere Leistungen gewiss Beifall verdienen, erreichte seinen lebhaften Wunsch, das grofse Werk beendigt zu sehen, nicht vollständig, denn obgleich er die 10te bis 18te Tafel des X. Bandes im 81sten Jahre zu stechen noch im Stande war, so zeigte doch schon die 18te die eingetretene Unstetigkeit der Hand, und der Tod ersparte ihm den tiefen Kummer, die 19te verworfen zu sehen, die ich dem Publicum so, wie ich sie erhalten hatte, nicht bieten durfte. Für den beharrlichen Eifer bei stets obwaltenden freundschaftlichen Verhältnissen und gegenseitiger Ermunterung meiner hochverehrten und innig geliebten Mitarbeiter muss ich, mit wehmüthiger Erinnerung an die leider zu früh verstorbenen, meinen tiefgefühlten Dank ausdrücken; ihre Leistungen zu würdigen steht mir nicht zu, vielmehr kann ich nur für meine eigenen die gütige Nachsicht des Publicums erbitten, da wohl niemand lebhafter, als ich selbst, ihre Mängel einsieht.

Die Mitarbeiter beabsichtigten nicht etwa einzelne Abhandlungen zu liefern, sondern sie wollten die von ihnen übernommenen Zweige so vollständig, als der ursprüngliche Plan dieses erheischte, ausarbeiten, und mufsten demnach das, wodurch die Wissenschaft im Verlaufe der hierzu nöthigen Zeit erweitert wurde, bei verwandten Untersuchungen gelegentlich nachtragen. Obgleich dieses geschehen und somit ein gewisser Grad der Vollständigkeit erreicht worden ist, so boten doch die späteren Jahre manches Wichtige dar, zu dessen Aufnahme die Gelegenheit fehlte. Die hieraus erwachsende Mangelhaftigkeit konnte vollständig nur durch Supplementbände beseitigt werden, und diese würden auch geliefert worden seyn, wenn die Mitarbeiter, welche alles neu hinzukommende fortwährend sammelten, sämmtlich die Beendigung des Ganzen erlebt hätten. Für diese Nachträge neue Arbeiter zu gewinnen war indefs nicht zu erwarten und aufserdem hätte deren Ausarbeitung abermals Jahre erfordert, während welcher Zeit bei dem raschen Fortschreiten der Wissenschaft wiederum neue Supplementbände nöthig geworden wären. Weil dieser Weg nicht zum Ziele führte, die Erreichung eines gewissen Grades der Vollständigkeit bis zu einem bestimmten Zeitpuncte aber wünschenswerth blieb, so entschlofs ich mich, im Registerbande das Wichtigste der neuesten Erweiterungen nachzutragen und mindestens die hauptsächlichsten Quellen anzugeben, aus denen man die nöthige Belehrung schöpfen kann. Hierdurch liefs sich also das erstrebte Ziel, eine bis zum Schlusse des Jahres 1844 reichende, so weit es wünschenswerth scheinen kann, vollständige Uebersicht der physikalischen Wissenschaften zu liefern, mindestens annähernd erreichen. Absolute Vollständigkeit übersteigt bei dem unübersehbaren Umfange des Gebietes der Physik die menschlichen Kräfte, und sie zu erstreben lag daher auch nicht im ursprünglichen Plane.

War schon für die alte Ausgabe ein Register nöthig, so ist dieses für die neue ganz unentbehrlich und macht das Werk

erst eigentlich brauchbar, sofern es ein Mittel darbietet, das, was über die einzelnen Disciplinen gesagt ist, aufzufinden. Unter anderem haben selbst die Namen der Apparate und die Bezeichnung verschiedener Gegenstände sich im Laufe der Zeit so vielfach geändert und ihre Zahl ist so sehr gewachsen, dafs es unmöglich ist, sie alle im Gedächtnifs zu behalten, und man ist daher oft gezwungen, die Erinnerung an dieselben wieder zu erneuern oder bereits veraltete Benennungen überhaupt kennen zu lernen. Kommen sie daher vor oder will man irgend eine Bezeichnung als neu wählen, ohne gewifs zu seyn, ob sie nicht schon existire, so genügt ein Blick in das Register, um die gewünschte Auskunft zu erhalten. Das Realregister wird zugleich auch für diejenigen von Nutzen seyn, welche das allerdings grofse und daher auch kostbare Werk nicht selbst besitzen, theils um sich auf die eben angegebene Weise über viele Aufgaben besser zu orientiren, theils um die einzelnen Bände, in denen die sie interessirenden Untersuchungen enthalten sind, aus öffentlichen Bibliotheken zu erhalten. Das Namensregister ist weit ausführlicher, als bei der älteren Ausgabe, weil nicht blofs die Namen, sondern auch die Forschungen der genannten Männer kurz angegeben oder angedeutet sind. Diese Abänderung war nothwendig, denn man sucht die Namen der Schriftsteller in der Regel nur dann auf, wenn man die Titel ihrer Abhandlungen kennen lernen will, die an den angezeigten Stellen namhaft gemacht sind, und da viele derselben sehr häufig angeführt werden, so würde es eine verdriefslich langweilige Aufgabe seyn, alle die Stellen, wo sie vorkommen, so lange nachzuschlagen, bis man die gewünschte Abhandlung fände, was durch die Benennung des Gegenstandes mindestens zum gröfsten Theile vermieden wird. Beiläufig habe ich durch dieses Register auch den Zweck zu erreichen gesucht, dafs man die Namen, die im Werke selbst nicht richtig angegeben sind, und die verschiedenen Personen, denen sie angehören, genauer kennen lernt. Im Regi-

ster sind daher die Namen, soweit ich aufzufinden vermochte, richtig, wobei schon die alphabetische Reihenfolge gröfsere Sicherheit gewährt, und die im Werke vorkommenden Fehler lassen sich hiernach verbessern; denn der richtige Name und die Stelle, wo er vorkommt, findet sich im Register. Wie weit es mir gelungen ist, die verschiedenen Gelehrten von gleichen Namen gehörig zu sondern, wage ich nicht anzugeben; um hierin Vollständiges zu erreichen, hätte ich mich in ein tieferes literarhistorisches Studium einlassen müssen, wozu die Zeit fehlte. Auf jeden Fall ist etwas, und ich darf wohl sagen vieles, geleistet worden, was insbesondere künftig von Nutzen seyn wird, wenn im Verlaufe der Zeit die jetzt bekannten Namen mehr in Vergessenheit gerathen.

Es sey mir erlaubt, mit einem Worte der Tabelle geographischer Ortsbestimmungen zu gedenken, zu deren Anfertigung sich der jüngere C. L. v. Littrow bereitwillig gefunden hat. Dafs sie mit ausnehmendem Fleifse und gröfster Genauigkeit verfafst worden sey, werden alle Sachverständige bald selbst finden und sie mit mir als eine sehr schätzbare Zugabe zum Ganzen betrachten. Da gegenwärtig an so vielen Orten meteorologische und magnetische Beobachtungen angestellt und sonstige merkwürdige Phänomene öffentlich bekannt gemacht werden, so ist es für den Physiker von gröfster Wichtigkeit, die geographische Lage solcher Orte genauer zu kennen, und hierzu bietet die Tabelle ein ebenso sicheres als unentbehrliches Hülfsmittel dar.

Somit übergebe ich also das grofse Werk, gröfser als irgend eins in dieser Wissenschaft existirt, dem ich die letzten zweiundzwanzig Jahre meines Lebens fast ausschliefslich gewidmet habe, und welchem zugleich durch die Verlagshandlung eine so reiche Ausstattung zu Theil geworden ist, dafs es eine Vergleichung mit ähnlichen des Auslandes keineswegs scheuen darf, dem lange auf dessen Beendigung harrenden

Publicum. Möge dasselbe seine Bestimmung, nämlich über das, was bisher in der Physik und ihren nächsten Hülfswissenschaften geleistet worden ist, eine angemessen vollständige Uebersicht zu geben und dadurch der Mühe zu überheben, das, was in zahlreichen Werken zerstreut ist, mit grofsem Zeitaufwande aufzusuchen, um neue Forschungen daran zu knüpfen, wo nicht vollkommen, doch in einem billige Wünsche befriedigenden Grade erfüllen.

Heidelberg im September 1845.

G. W. Muncke.

Sachregister.

Die römische Zahl bezeichnet den Band, die arabische die Seite. Bei Verweisungen ist allezeit der Band und die Seite hinzugefügt, wenn sich der Gegenstand im Wörterbuche befindet; diejenigen Verweisungen dagegen, wo dieses nicht zugesetzt ist, beziehen sich auf die Zusätze im Registerbande.

Anm. Durch ein Versehen folgen im ersten Bande von S. 800 an sogleich 881 bis 960 und von hier an diese nämlichen Seitenzahlen noch einmal, um die übergangenen 80 Seiten nachzuholen. Um sie zu unterscheiden, sind hier im Register die ersten unrichtigen Seitenzahlen mit einem Sternchen (*) bezeichnet.

A.

Zus. PRECHTL[1] untersuchte die Adhäsion geschliffener Metallplatten an einander, indem er eine derselben mit genau horizontaler Fläche an einer feinen Waage aufhing und durch Gewichte von der unteren abriss. Hierbei fand er das merkwürdige Gesetz, dass die Adhäsionskraft zwischen zwei ungleichen Metallen der des stärkeren gleichkommt. Eine Kupferscheibe z. B., die von einer anderen Kupferscheibe durch 21 gr. abgerissen wurde, hing mit gleicher Kraft an andern Metallscheiben, die unter sich eine geringere Adhäsion zeigten. Zink bedurfte zum Abreissen von Kupfer 21 gr.; von Silber 21 gr.; von Zinn 17 gr.; von Wismuth 16 gr.; von Antimon 15 gr.; von Blei 12 gr.; von Zink 10 gr. Mit Ausnahme des Zinns, welches übrigens eine sehr feine Politur annimmt, fällt diese Reihe mit der galvanischen zusammen. PRECHTL will hierbei gefunden haben, dass die Anziehung schon in messbarer Entfernung eintritt und die aufgehangene Platte von da an sich der andern mit zunehmender Geschwindigkeit nähert. Später hat GIRARD interessante Versuche angestellt, indem er zwei Platten einander parallel im Wasser aufhing und fand, dass sie bei geringer Entfernung von einander sich anzogen[2]. COULOMB hat in seinen Papieren einige nicht vollendete Adhäsionsversuche hinterlassen, von denen BIOT[3] handelt. Die Summe der bekannten Anziehungsphänomene ist aber bedeutend vermehrt durch die Versuche von DUTROCHET[4], zu denen man auch die von DOYÈRE[5] hinzufügen kann[6]. Zur Erklärung derselben wird eine eigene Kraft (force épipolique) angenommen, die der elektrischen Anziehung ähnlich, von ihr aber verschieden seyn soll. Nach genauerer Prüfung dürfte es aber einer neuen Naturkraft nicht bedürfen, indem alle Erscheinungen sich aus den wechselseitigen, verschieden modifi-

1 Poggendorff Ann. Bd. XV. S. 223.
2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXIX. p. 260.
3 Traité T. I. p. 519.
4 Comptes rend. T. XIV. p. 1028. T. XV. p. 25.
5 Ebend. T. XV. p. 176.
6 Vergl. l'Instit. 10me Ann. N. 444.

cirten Anziehungen, als der Flüssigkeitstheilchen unter sich und gegen die schwimmenden Körperchen, so wie auch der sich über einander hinziehenden und mit einander verbindenden Flüssigkeiten mit Rücksicht auf die Verdampfung, überhaupt aus den durch gegenseitige Einwirkung theils geschwächten theils verstärkten Anziehungen aller dabei in Conflict kommender Körper füglich erklären lassen.

Neuere beachtenswerthe Versuche über die Adhäsion hat H. F. Link angestellt, die sich dadurch von den früheren unterscheiden, dass er die Stärke der Adhäsion verschiedener Flüssigkeiten an festen Körpern aus der Höhe ableitete, bis zu welcher die ersteren zwischen ebenen, gleich weit von einander abstehenden, Platten aufstiegen, zu welchem Behufe er sich eines eigenen zweckmässig eingerichteten Apparates bediente. Die folgende Tabelle zeigt die gefundenen Grössen, die in der dritten Columne Glasplatten, in der vierten Kupferscheiben, in der fünften Zinkscheiben und in der sechsten Holzplatten, welche mehrmals in heisses Unschlitt getaucht, damit getränkt, dann aber rein abgerieben waren, zugehören.

Flüssigkeiten.	Spec. Gew.	Höhe.			
		Lin.	Lin.	Lin.	Lin.
Destill. Wasser	1	12,5	13,0	13,0	8,5
Destill. Weingeist	0,835	8,0	10,0	9,5	8,5
Schwef. Aether	0,755	7,0	10,0	8,5	7,0
Schwefels. rect.	1,845	11,0	11,0	15,5	—
Salpetersäure	1,200	14,0	—	—	—
Salzsäure	1,115	14,0	14,0	—	—
Kaust. Kali Lös.	1,335	8,0	10,5	8,0	—
Essigs. Kali Lös.	1,145	9,5	11,5	10,0	—

Link nimmt an, dass die Höhen sich gerade wie die Anziehungen und umgekehrt wie die specifischen Gewichte, mithin die Anziehungen wie die Höhen multiplicirt in die specifischen Gewichte verhalten; allein die hiernach berechneten Grössen, das Wasser als Einheit angenommen, zeigen sehr grosse Abweichungen von den durch Versuche gefundenen. Die Stärke der Anziehung ist nicht der Dichtigkeit der anziehenden Körper, also nicht der Masse, proportional, Einfluss der Elektricität ist unwahrscheinlich, chemische Verwandtschaft kann nicht als Ursache gelten, und es sind also

drei Ursachen, welche gemeinschaftlich wirken; zuerst die wechselseitige Anziehung der festen zu den flüssigen Körpern, zweitens das specifische Gewicht und drittens die Cohäsion der Theile der Flüssigkeiten unter sich. Die beiden lezteren wirken der Höhe entgegen, die durch die erste erzeugt wird[1].

MATTEUCCI leitet die Drehungen des Kampfers von der Ausdünstung desselben und seiner Auflösung in den ihn berührenden Wasserschichten her. Wenn ein grösseres, sich kaum bewegendes Stück unter die Luftpumpe gebracht wird, so sollen die Bewegungen stärker werden[2].

Zus. **Aequivalent,** elektrochemisches, ist eine Bezeichnung, welche den Untersuchungen FARADAY's ihren Ursprung verdankt. Dieser fand nämlich, dass bei chemischen Zersetzungen durch den elektrischen Strom für jeden Körper die zersetzte Masse zu der erforderlichen Elektricitätsmenge in einem constanten Verhältniss stehe, und dass chemisch äquivalente

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XXIX. S. 404. Bd. XXXI. S. 593.
2 Ann. Chim. et Phys. T. LIII. p. 117.

Massen verschiedener Körper zu ihrer Zersetzung gleiche Elektricitätsmengen erfordern. So sind z. B. 9 Gewichttheile Wasser und 36,5 Gewichttheile Salzsäure chemisch äquivalente Massen, und bedürfen daher zu ihrer Zersetzung gleiche Elektricitätsmengen. Letztere lassen sich, als materiell betrachtet, nicht unmittelbar messen. W. WEBER kam indess auf den sinnreichen Gedanken, die Quantität derselben der Quantität des durch sie gleichzeitig erregten Magnetismus proportional zu setzen, diesen mit dem tellurischen Magnetismus zu vergleichen, und da die absolute Grösse dieses Magnetismus aufgefunden ist, hierdurch die Grösse des elektrischen Stromes zu bestimmen. Auf diese Weise fand er durch einen zweckmässig construirten Apparat aus 5 Versuchsreihen mit unbedeutenden Abweichungen das elektrochemische Aequivalent des Wassers im Mittel = 0,009376, wonach also sowohl die elektrochemischen Aequivalente anderer Körper bestimmt, als auch die Stromstärken, welche eine Zersetzung bewirkt haben, gemessen werden können [1].

Zus. Den Vorschlag des Pater GALIEN S. 232, luftleere Kugeln steigen zu lassen, vertheidigte später PRESCHEUR [2].

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LV. S. 181.

2 Exercit. phys. de arte navigandi per aërem cet. Rint. 1676. Vergl. WURZER in Kastner's Arch. Bd. XVII. S. 367. Ueber die Watten der Elsenraupe, Weberraupe, tinea euonymella, tinea padella, s. Bibl. univ. T. XXVIII. p. 138.

Aërostatik. I. 258. Luftdruck. 258. MARIOTTE's Apparat, ihn zu zeigen. 259. atmosphärischer Druck. 261. nach GREN. 261. nach BOHNENBERGER gegen verschiedene Flächen. 262. Einfluss auf den thierischen Körper. 267. Correction der Wägungen in der Luft. 269. S. **Gewicht.**

Zus. EDUARD WEBER hat in Folge anatomischer Untersuchungen aufgefunden, dass die genau kugelförmigen Enden der Knochen des menschlichen Körpers, namentlich der Beine, in den Kapseln des Beckens luftdicht liegen. In Folge hiervon werden sie durch den atmosphärischen Luftdruck mit einer der Fläche proportionalen Kraft in den Kapseln zurückgehalten, ohne messbare Hinderung ihrer Beweglichkeit. Die Stärke dieses Druckes würde nach Berechnung gegen 30 ℔ betragen, die Grösse der Fläche bei einem ausgewachsenen Menschen von mittlerer Grösse zu zwei Quadratzoll angenommen; wirkliche Versuche ergeben ungefähr 20 ℔. A. v. HUMBOLDT machte darauf aufmerksam, dass die bisher noch nicht erklärte Ermüdung auf sehr hohen Bergen hiervon abgeleitet werden könne. Unzweifelhaft ist auch diese Ursache wo nicht die einzige, doch sicher bedeutend mitwirkend; denn wenn der Luftdruck bis auf die Hälfte des mittleren herabgeht, so beträgt dieses so viel, als wenn im Meeresspiegel jedes Bein mit 10 ℔ Gewicht beschwert wäre. Einige haben aus Missverständniss gefolgert, die Gesammtkraft, wodurch der Wirbelknochen des Beines in seiner Kapsel festgehalten wird, sey eine Folge dieses Luftdrucks, was aber unmöglich ist, da ein Gewicht von mehr als 400 ℔, also über das Zwanzigfache des Luftdrucks, ein Herausreissen noch nicht bewirken kann. Hieraus ist dann zugleich erklärbar, warum die Ermüdung bloss beim Gehen auf sehr hohen Bergen, nicht aber von denen empfunden wurde, die sich in Luftballons zu noch grösseren Höhen erhoben[1].

Aethal. IX. 1707.

Aether. I. 271. 324. sein Widerstand gegen Himmelskörper. 272. soll Ursache der Cohäsion seyn. II. 115. 116.

Aether des Lichts. IX. 1302. der Wärme. X. 649.

Aether, tropfbar flüssiger. IX. 1701. 1841.

Aethrioskop. I. 269. IX. 701. X. 182. 665. LESLIE's. S. **Differentialthermometer.** II. 535.

---

1 W. und E. WEBER in Poggend. Bd. XL. S. 1.

Zus. **Aktinograph** ist ein von SIR JOHN HERSCHEL erfundenes Instrument, welches bestimmt ist, die Stärke der Helligkeit des Himmels mittelst der Färbung des sensitiven Papiers zu registriren[1].

Zus. **Aktinometer,** elektrochemisches, nennt EDMUND BECQUEREL[2] ein von ihm erfundenes Instrument, welches den elektrischen Strom anzeigt, den iodirte Silberplatten erzeugen, wenn die farbigen Strahlen des Spectrums auf sie fallen und eine Zersetzung des Silbers hervorbringen. Es wird dabei in Aussicht gestellt, dass mittelst desselben chemische Veränderungen, die durch das Licht erzeugt sonst nicht wahrnehmbar seyn würden, merkbar werden könnten. Eine genaue Beschreibung würde hier zu viel Raum erfordern.

---

1 Phil. Trans. 1841. p. 1.

2 BECQUEREL, Traité de Physique u. s. w. Par. 1844. T. II. p. 512.

Zus. Pfister in Wien wendet bei seinen ausnehmend wirksamen Elektrisirmaschinen ein Amalgama an, welches aus 2 Theilen Zinn, 3 Th. Zink und 4 Th. Quecksilber besteht, doch legt er selbst hierauf keinen grossen Werth, und ich habe dasselbe nicht wirksamer gefunden, als gewöhnliches Kienmayer'sches. Das **Amalgamiren** der Zinkplatten für Volta'sche Säulen geschieht am bequemsten, wenn man sie mit verdünnter Schwefelsäure reinigt und dann mit einem Gemenge aus Quecksilber, Kreide und Wasser einreibt. Brugnatelli (Bd. IV. S. 608) scheint die Vermehrung der Wirksamkeit des Zinks durch Amalgamirung zuerst aufgefunden zu haben.

---

1 L'Instit. 9me Ann. Nr. 413. Poggendorff Ann. Bd. LV. S. 147.
2 Bullet. de la Soc. de Brux. 1836. N. 1. p. 7.

Zus. **Aspirator.** ein von C. BRUNNER angegebener Apparat aus zwei nach Art des Heronsbrunnens über einander befindlichen und mit einander verbundenen Gefässen bestehend. Derselbe ist zu verschiedenen chemischen Zwecken sehr geeignet, hauptsächlich um gemessene Volumina von Gasen in einen oder den andern Behälter desselben ein- oder ausströmen zu machen [2]. Darunter gehört auch derjenige Apparat, welcher bereits (Bd. X. S. 1102 ff.) beschrieben ist. Eine Verbesserung desselben ist durch Dr. O. R. ABENDROTH [3] und

1 Comm. Petrop. 1730 u. 1731. T. V.
2 Poggendorff Ann. Bd. XXXVIII. S. 264.
3 Ebendas. Bd. LIII. S. 617.

durch Bolley [1] empfohlen. Einen sehr einfachen und auf bekannte Principien der Construction gewöhnlicher Gasometer gegründeten Aspirator hat Mohr [2] angegeben. Dieser besteht aus einem zur Hälfte mit Wasser angefüllten Gefässe von Blech, in welches ein anderes, zur Aufnahme des Gases bestimmtes, hineingesenkt ist. Letzteres wird durch das Gewicht g mit einem kleinen Untergewicht genau balancirt, doch hindert das Wasserventil e e das Eindringen der äusseren Luft, wogegen sich das Gefäss durch dieses schnell entleert, wenn man das Gewicht g etwas hebt. Zum Einbringen des Gases, womit man das Gefäss füllen will, dient die in der Seitenansicht des Apparats gezeichnete Röhre m n, welche sich bei b nach aussen öffnet, um etwa eingedrungenes Wasser herauszulassen, obgleich diese Oeffnung für gewöhnlich mit einem Korke verschlossen bleibt. Die wieder aufwärts und dann oben rechtwinkelig umgebogene Röhre ist oben mit einem Hahne h versehen, um nöthigen Falls das Einströmen der Luft schnell zu unterbrechen; in die Mündung derselben wird die Austrittsröhre des kleinen Gefässes gesteckt, dessen Eintrittsröhre gleichfalls durch ein Wasserventil f gesperrt ist. Der Apparat empfiehlt sich durch seine Einfachheit, doch ist das ungleiche Gewicht des mehr oder minder tief in das Sperrwasser eintauchenden Gasbehälters nicht corrigirt. (Vergl. Bd. IV. S. 1092.)

Fig. 1. a. b. c.

---

1 Ann. der Chemie u. Pharmacie. Bd. XLI. S. 322.
2 Poggendorff Ann. Bd. LIX. S. 136.

Zus. Die grösste Höhe, wo die Luft noch dicht genug ist, um das Licht der Dämmerung zu reflectiren, bestimmt ARAGO[1] zu 58916 Meter oder, die geographische Meile zu 7420 Meter angenommen, zu 7,92 Meilen. Versuche mit unreifen Früchten über die Wiedererzeugung des Sauerstoffgas der Atmosphäre sind von Th. de SAUSSURE[2] bekannt gemacht. Ausführliche Untersuchungen über die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft sowohl im Freien als auch in eingeschlossenen Räumen, unter der Aufsicht von DUMAS, hat FELIX LEBLANC angestellt[3]. POGGENDORFF und LIEBIG[4] theilen folgende Bestimmungen mit. Ist der mittlere Barometerstand im Niveau des Meeres = 337,8 Lin. und die Dichtigkeit des Quecksilbers gegen Luft = 10467,5, so wäre die Höhe der überall gleich dichten Atmosphäre = 24555 par. Fuss, wofür man nach Abzug des Wasserdampfes u. s. w. 1 Meile = 22843 Fuss setzen kann. Ist dann der Halbmesser der Erde = 860 Mei-

1 L'Institut. 7me Ann. N. 267. p. 43.

2 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève. 1821. T. I. p. 245.

3 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. V. p. 223.

4 Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie. Lief. IV. Art. Atmosphäre.

len, so beträgt die Luft 9307500 Kub. Meilen oder einen Kubus von 210 Meilen, und die 21 pc. Sauerstoffgas 1954570 Kub. Meilen oder einen Kubus von 125 Meilen Seite. Verzehrt ein erwachsener Mensch in 24 Stunden 26,04 Kub. Fuss Sauerstoffgas, so verzehren 1000 Millionen in 1 Jahre 0,7975 Kub. Meilen, und die vorhandene Menge würde für 2451000 Jahre ausreichen. Betrügen die übrigen Consumtionen des Sauerstoffgas hundertmal so viel, so würde erst nach 1000 Jahren 1 pc. verloren sein. Ob also der Ersatz durch Pflanzen stets genau der gesammten Consumtion gleich und die Menge der vorhandenen Kohlensäure stets unveränderlich ist, kann kaum überall, mindestens nur durch tausendjährige Analysen ermittelt werden.

Dumas hat neuerdings in Verbindung mit einigen Gelehrten die Analyse der Luft zum Gegenstand ausführlicher Untersuchungen gemacht und dabei statt der Messungen die Wägungen gewählt. Hierzu dienten Ballons und kupferne Röhren, deren Inhalt genau bestimmt wurde und die dann gewogen wurden. Die Röhren waren mit metallischem, durch Wasserstoff reducirtem Kupfer gefüllt; sie wurden dann zum Rothglühen erhitzt und beim Durchströmen der Luft absorbirte das Metall das Sauerstoffgas, so dass reines Stickgas in den Ballon kam, die Gewichtszunahme der Röhren aber den Sauerstoffgehalt angab. Drei Versuche, welche er nebst Boussingault mit Luft aus dem Jardin des plantes anstellte, gaben 23,010 Sauerstoffgas und 76,990 Stickgas, oder in runder Zahl 23 Sauerstoffgas und 77 Stickgas dem Gewicht nach. Wird dieses nach den Bestimmungen der Dichtigkeit beider Gase durch Berzelius und Dulong auf das Volumen reducirt, so würde $\frac{23,00}{1,1026} + \frac{77}{0,976}$ $= 20,86 + 78,89 = 99,75$ statt $= 100$ seyn, woraus also hervorgeht dass diese Dichtigkeitsbestimmungen nicht richtig seyn können. Sie suchten daher diese Grössen durch die genauesten Wägungen zu berichtigen und erhielten für das Sauerstoffgas 1,1057 und für das Stickgas 0,972, wonach also, wenn die in den ersten Versuchen erhaltenen mittleren Bestimmungen selbst genommen werden, $\frac{23,01}{1,1057} + \frac{76,99}{0,972}$ $= 20,81 + 79,19 = 100$ kommt. Um zu ermitteln, wie weit diese Grösse durch meteorische Einflüsse sich verändert, stell-

ten sie nach anhaltendem Regen abermals eine Reihe von Versuchen an, und fanden den Sauerstoffgehalt = 23,015, also nicht um den tausendsten Theil verändert. Um den Einfluss der Höhe zu ermitteln, dienen die Versuche von BOUSSINGAULT in America, welcher den Gehalt des Sauerstoffgas nach Volumen in 2650 Met. Höhe = 20,65; in 1323 Met. = 20,77 und in 548 Met. = 20,77, im Mittel = 20,70 fand, und von BRUNNER auf dem Faulhorn[1], wonach das Gewicht des Sauerstoffgas 23,010 beträgt. Hieraus ergiebt sich also, dass das Mischungsverhältniss der Atmosphäre sich in dem Zeitraume seit den ersten genauen Analysen nicht geändert hat und dass die Höhe keinen Einfluss darauf äussert[2]. Versuche, welche gleichzeitig mit gleichen Apparaten zu Paris, Genf und auf dem Faulhorn angestellt wurden, führten gleichfalls zu dem Resultate, dass das Mischungsverhältniss der atmosphärischen Luft sich bis zu 2700 Meter Höhe nicht ändert[3].

Später veranlasste DUMAS Versuche an verschiedenen Orten und der grösseren Uebereinstimmung wegen sämmtlich mit dem von ihm in Vorschlag gebrachten Apparate. Dahin gehören vorerst die zu Genf, wo v. MARIGNAC gleiche Zusammensetzung als zu Paris fand, und zu Kopenhagen, wohin sein Schüler LEWY reiste und eine Menge Analysen vornahm. Am letzteren Orte zeigte sich die nämliche Zusammensetzung der atmosphärischen Luft, welche zu Paris gefunden war, als sie in 35 Fuss Höhe an der Küste aufgefangen wurde, wohin sie durch einen Seewind geführt war; die auf offener See dicht über den Meeresspiegel genommene war dagegen ärmer an Sauerstoffgas, und zwar in folgendem Verhältniss: zu Kopenhagen 22998; an der Küste 23016; über dem Meere 22575. LEWY[4] stellt die Resultate zusammen, die durch DUMAS und BOUSSINGAULT zu Paris, BRUNNER zu Bern und auf dem Faulhorn, STAS zu Brüssel, MARIGNAC zu Genf, VERVER zu Gröningen und ihn selbst zu Kopenhagen gefunden wurden, und diese geben im Mittel in 1000 Theilen

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXI. S. 1.

2 Compt. rend. T. XII. p. 1005. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. III. p. 257. Im Auszuge in Poggend. Ann. Bd. LIII. S. 391.

3 L'Institut 1841. 9me Ann. N. 404.

4 Comptes rend. T. XIV. N. 71. p. 382.

Ort.	Sauerstoffgas.	Stickstoffgas.
Paris	230,0	770,0
Brüssel	230,6	769,4
Genf	229,8	770,2
Bern	229,5	770,5
Faulhorn	229,7	770,3
Gröningen	229,9	770,1
Kopenhagen	230,1	769,9

Diese Resultate sind um so beweisender, da sie zu verschiedenen Zeiten und bei ungleicher Witterung erhalten wurden, jedoch ist der Unterschied zwischen Brüssel und dem Faulhorn, wo die gleiche Methode angewandt wurde, grösser als man erwarten sollte. Lewy analysirte in 5 Versuchsreihen die Luft zu Kopenhagen vom 17. Nov. bis 22. Dec. bei sehr verschiedener Witterung und erhielt aus allen im Mittel 230,16 Th. Sauerstoffgas in 1000 Theilen, mit Differenzen, die zwischen den Extremen 229,8 und 230,4 liegen; drei Analysen der Luft zu Helsingör gaben im Mittel 230,37. Vorzugsweise aber verdienen diejenigen Resultate beachtet zu werden, welche aus den Analysen der über der Nordsee im August 1841 und im Mai 1842 aufgefangenen Luft hervorgingen, weswegen es angemessen scheint, die wesentlichsten Bedingungen anzugeben.

Tag.	Zeit.		Wind.	Wetter.	Abstand vom Lande.	Sauerstoffgehalt.
2. Aug.	1^h	15′	ONO.	bedeckt	18 Lieues	226,2
3. —	13	15	NO.	schön	30 —	225,8
3. —	22	45	N.	schön	34 —	226,1
4. —	20	30	S.	schön	4 —	225,9
22. Mai	21	30	SO.	bedeckt	4 —	230,9
23. —	6	45	S.	schön	27 —	231,2
24. —	1	0	SO.	bedeckt	28 —	231,0
24. —	20	0	SW.	bedeckt	15 —	232,3
25. —	4	0	OSO.	bedeckt	15 —	230,4

Sollten die Unterschiede als Versuchsfehler gelten, so müsste man die ganze Methode verwerfen, und obendrein wurden die Analysen der im Mai aufgefangenen Luft zu Paris unter den

Augen und mit Beihülfe von DUMAS angestellt. Zur Erklärung der Anomalie beruft LEWY sich auf das Zeugniss von MORREN [1], wonach gewisse kleine Wasserthierchen die Kohlensäure zersetzen und Sauerstoffgas produciren sollen, und solche Thierchen, meint er, könnten dann in grosser Masse vorhanden seyn. Allein nicht zu gedenken, dass eine hierzu erforderliche Stagnation der Luft bei so geringer Entfernung von der Küste des Windes wegen undenkbar ist, muss insbesondere der grosse Unterschied der beiden letzten, demselben Tage zugehörigen Resultate auffallen, wobei bloss die veränderte Windrichtung als bekannte Bedingung sich herausstellt. Ausserdem theilt LEWY noch 7 Analysen der Luft auf der Insel Guadeloupe mit, welche vom 20. bis 29. Nov. in grossen Ballons daselbst aufgefangen und zu Paris untersucht wurde. Die Sauerstoffgasmengen betrugen 226,8; 228,5; 230,0; 230,3; 230,4; 230,5 und 231,4. Auch hier zeigen sich bedeutende Abweichungen, und aus der Gesammtheit der Resultate wird daher gefolgert, dass das Mengungsverhältniss der atmosphärischen Luft variire, auf dem Lande zwar so wenig, dass die Unterschiede nicht merklich auffallen, auf der See aber bedeutend; es scheinen demnach weiter fortgesetzte Analysen, namentlich der Luft auf weiten Meeren, sehr wünschenswerth [2].

Auch den Kohlensäuregehalt fand LEWY namentlich auf Guadeloupe sehr veränderlich, wovon die nächste Ursache in den Exhalationen der Vulcane liegen soll. Dagegen ergaben zahlreiche Analysen, welche BOUSSINGAULT mit der Luft in Paris und mit der auf dem Lande anstellte, einen durchaus unbedeutenden Unterschied des Kohlensäuregehalts, welchen er im Mittel = 0,0397 angiebt [3]. Spätere von BOUSSINGAULT und LEWY zu gleichen Stunden und mit gleichen Apparaten zu Paris neben dem Collège de France und auf dem Lande zu Andilly unweit Montmorency angestellte Versuche ergaben für Paris 0,03190 und für Andilly 0,02989 [4].

1 Ann. Chim. et Phys. 3me Sér. T. I. p. 456.

2 Compt. rend. T. XVII. N. 6.

3 L'Institut. 1841. N. 399. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. VIII. p. 425.

4 Compt. rend. T. XVIII. p. 473. L'Institut. 12me Ann. N. 534. p. 98.

Zus. Dass die Ausdehnung der festen Körper gleichfalls eine zunehmende sei, worauf mich KÄMTZ seiner Zeit durch briefliche Mittheilungen aufmerksam machte, geht selbst aus den sehr genauen Messungen HORNER's (Bd. I. S. 575) hervor, insofern sich die Zunahme schon zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers zeigt. Für Kupfer z. B. würde die Länge L für t Grade nach R.

$$L = 1{,}00002136\ t$$

seyn; nehmen wir aber an, es sey nach YOUNG's Formel $L = 1 + at + bt^2$, so geben die Beobachtungen

$$L = 1 + 0{,}0000208066\ldots t + 0{,}000000008\ t^2$$

mit weit geringeren Fehlern, als bei der Annahme einer gleichmässigen Ausdehnung. Mit Ausschluss der Beobachtung für 20° würde

$$L = 1 + 0{,}00002069494\ t + 0{,}00000000987\ t^2$$

seyn, wonach die Zunahme vom Nullpuncte bis zum Siedepuncte des Thermometers 0,001718763 mit DULONG's und PETIT's Messung (Bd. X. S. 898) völlig übereinstimmend wäre. Noch auffallender zeigt sich dieses beim Zink, wie aus der starken Ausdehnung dieses Metalls ohnehin schon wahrscheinlich wird. Es ist nämlich für die beiden zum Messen dienenden Zinkstangen a und b:

$$L = 1 + 0{,}00003438125\ t + 0{,}0000000240625\ t^2$$
$$L = 1 + 0{,}00003506335\ t + 0{,}0000000204400\ t^2$$

$$\text{Mittel}\quad 1 + 0{,}00003472230\ t + 0{,}0000000222512\ t^2.$$

Hiernach wäre die Ausdehnung des Zinkes vom Nullpuncte

bis zum Siedepuncte des Thermometers = 0,00292019168. Da aber das Product des zweiten Theils der Gleichung bei 80° R. schon in die vierte Decimalstelle fällt, so ergiebt sich hieraus, dass es zur Erhaltung genauer Resultate zweckmässig seyn würde, die Ausdehnung namentlich des Zinks nach der Formel zu berechnen, obgleich beim Glase und bei den minder ausdehnbaren Metallen kein merklicher Unterschied vorhanden seyn wird, wenn man auf die Zunahme der Ausdehnung durch Wärmegrade, die innerhalb der festen Puncte des Thermometers liegen, keine Rücksicht nimmt.

Rudberg's Versuche erregten grosses Aufsehn, weil das *erhaltene* Resultat ein lange als festbegründet geltendes Gesetz umstiess. Dieser Umstand bewog Magnus im J. 1840 zu einer neuen Prüfung. Bei der ersten Reihe von 8 Versuchen nach der zweiten von Gay-Lussac befolgten Methode fand er den Ausdehnungscoefficienten der Luft zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers = 0,36930, und bemerkt dabei zugleich, dass Gay-Lussac den die Luft enthaltenden Apparat in siedendes Wasser getaucht habe, wonach also durch den Einfluss des Gefässes auf den Siedepunct des Wassers der Ausdehnungscoefficient wohl zu gross ausfallen konnte. Eine zweite Reihe von 19 Versuchen wurde mit einem sorgfältig ausgeführten, dem von Rudberg angewandten sehr ähnlichen, Apparate angestellt. Hiermit fand er die Ausdehnung des Quecksilbers, die von Dulong und Petit = 0,0154321 gefunden worden ist, aus Rudberg's Resultaten = 0,015454 und aus seinen eigenen = 0,0154424, wenn der Siedepunct des Wassers bei 0,76 Met. Luftdruck bestimmt ist. Die kubische Ausdehnung des Glases, die durch Dulong und Petit = 0,0025839 gefunden worden ist, von Rudberg aber (für das härtere Kaliglas) = 0,002285, fand er für das Kali und Natron zugleich enthaltende Glas = 0,002547. Als mittlere Resultate erhielt er für die Ausdehnung der atmosphärischen Luft aus 8 Versuchen 0,366508; des Wasserstoffgas aus 4 Versuchen 0,365659; der Kohlensäure aus 4 Versuchen 0,369087 und der schwefligen Säure aus 3 Versuchen 0,385618. Die für trockne atmosphärische Luft erhaltene Grösse von 0,366508 ist an sich schon grösser, als die von Rudberg gefundene, und wächst noch, wenn man in Rechnung bringt, dass Letzterer den Siedepunct des Wassers bei 0,76 Met. Luftdruck, Magnus dagegen

bei 28 par. Z. bestimmt. Der Gleichheit wegen müsste der letztere auf 28 Z. 0,905 Lin. reducirt werden, unter welchem Drucke der Siedepunct 100°,075 betragen würde. Die gefundene Grösse hiernach mit 1,00075 multiplicirt wird = 0,366782. Welche Ursache den Unterschied der Resultate beider Experimentatoren hervorgebracht haben möge, suchte MAGNUS vergebens aufzufinden [1].

Etwas später, jedoch ohne von den eben beschriebenen Versuchen Kenntniss zu haben, stellte auch VICTOR REGNAULT mehrere Versuchsreihen an, um die wichtige Frage zu entscheiden. Bei der ersten Reihe von 14 Versuchen bediente er sich eines ähnlichen Apparates, als der von dem schwedischen Physiker gebrauchte war, jedoch wählte er statt der Kugel cylindrische Röhren von 25 bis 30 Millim. Durchmesser und 110 Millim. Länge, die gegen 1000 Grm. Quecksilber fassten, füllte diese mit trockener Luft, brachte sie im Wasserdampfe zur Siedehitze, schmolz ihre feine Spitze zu, und öffnete sie dann nach dem Erkalten in schmelzendem Schnee unter Quecksilber. Die Berechnung ergab als mittleres Resultat 0,36623 zwischen den Extremen von 0,36689 und 0,36549. Die Abweichung von RUDBERG'S Resultate leitet REGNAULT davon ab, dass beim Abbrechen der Spitze unter dem Quecksilber etwas Luft von der Zange in den Behälter gedrungen seyn möge, was er selbst vermied, indem er die Spitze vorher ritzte und die Zange zum Abbrechen dann etwas unter dieser geritzten Stelle ansetzte. Zu einer zweiten Versuchsreihe von 18 Versuchen diente eine grosse Kugel von gegen 400 Kubikcentimeter Inhalt mit einer langen genau calibrirten Röhre. Durch Füllen mit Quecksilber und Auskochen desselben wurde der Inhalt dieses Apparates gefunden, und die Capillardepression durch Einsenken eines Stückes der nämlichen Röhre in Quecksilber und Messung des Niveau-Unterschiedes. Nach diesen vorläufigen Bestimmungen kam die frühere Methode wieder in Anwendung. Das zwischen 0,36585 und 0,36708 liegende Mittel aller 18 Versuche war 0,36633, von dem zuerst erhaltenen wenig abweichend. Zu einer dritten Reihe von Versuchen diente ein dem von RUDBERG gebrauchten nachgebildeter Apparat, bei welchem der die Luft enthaltende

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LV. S. 1.

Behälter aus einem Cylinder von 35 Millim. Durchmesser und 170 Millim. Länge mit einer angeschmelzten Thermometerröhre bestand. Drei hiermit angestellte Versuche gaben im Mittel 0,36679, doch hält Regnault diese Methode für minder geeignet. Für eine vierte Versuchsreihe wurde wieder eine grosse Kugel mit einem langen angeschmolzenen Thermometerrohre gewählt, und die Ausdehnung oder Zusammenziehung der Luft für den Temperaturunterschied zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers aus ihrer vermehrten oder verminderten Elasticität bestimmt. Das gefundene Mittel aus 6 Versuchen war 0,3665, das Mittel aus allen Versuchsreihen ist 0,3664625, wofür in runder Zahl 0,3665 angenommen wird. Wollte man statt dessen nach Babinet's Vorschlage 0,3666... nehmen, so wäre dieses $= \frac{11}{30}$ zur Berechnung sehr bequem.

Regnault entschloss sich, die Ausdehnungscoefficienten von zehn andern Gasen aufzusuchen, allein zwei von diesen, des Sauerstoffgas und des Ammoniakgas, gaben keine genügenden Resultate, weil sie sich zum Theil mit dem Quecksilber verbanden. Die Ausdehnungen der andern acht Gase waren: des Stickstoffgas = 0,36682; des Wasserstoffgas = 0,36678; des Kohlenoxydgas = 0,36667; der Kohlensäure = 0,36896; des Cyangas = 0,36821; des Stickstoffoxyduls = 0,36763; der schwefligen Säure = 0,36696; des Chlorwasserstoffgas = 0,36812. Da die hier gefundenen Ausdehnungen grösser sind, als die der atmosphärischen Luft, und dieser Unterschied nicht aus dem Umstande erklärbar wird, dass einige dieser Gase sich leichter zu tropfbaren Flüssigkeiten condensiren lassen, indem das am leichtesten tropfbar-flüssige, schwefligsaure Gas keine merklich grössere Ausdehnung zeigt, durch diese Resultate daher das von Gay-Lussac aufgestellte allgemeine Gesetz der gleichen Ausdehnung aller Gase umgestossen wird, so hielt Regnault es für nöthig, einige der Versuche mit dem für atmosphärische Luft zuletzt angewendeten Apparate zu wiederholen. Hierbei fand er für Kohlensäure 0,36844 und 0,36856; für Stickstoffgas 0,36701 und 0,36749, mit den zuerst gefundenen Resultaten genau übereinstimmend. Indem aber dieser Apparat verstattete, die zu prüfenden Gase einem grösseren, als dem mittleren atmosphärischen Drucke auszusetzen, und demnach zu prüfen, ob ein vermehrter Druck die Ausdehnung

bedinge, so wählte er hierfür das schwefligsaure und das kohlensaure Gas und erhielt hierfür folgende Resultate:

1) Schwefligsaures Gas gab

bei 0° unter dem Druck:	bei 100° unter dem Druck:	Ausdehnungs-Coefficient:
545,67 Millim.	742,08 Millim.	0,36689
742,49 —	1010,49 —	0,36777
772,28 —	1052,14 —	0,36907
901,06 —	1234,35 —	0,37413

2) Kohlensaures Gas gab

bei 0° unter dem Druck:	bei 100° unter dem Druck:	Ausdehnungs-Coefficient:
554,89 Millim.	556,52 Millim.	0,36831
555,47 —	757,54 —	0,36857
758,47 —	1034,47 —	0,36846
759,10 —	1034,10 —	0,36866

Diese Resultate weichen nur unmerklich von dem unter mittlerem Luftdrucke gefundenen ab, als aber ein noch stärkerer Druck angewandt wurde, nämlich 901,09 Millim. bei 0° und 1230,37 Millim. bei 100°, so fand sich der Ausdehnungscoefficient = 0,36943, woraus also hervorgeht, dass die Ausdehnung bei stärkerem Drucke wächst [1].

Regnault setzte seine Untersuchungen fort, hauptsächlich um den Einfluss zu ermitteln, welchen der Druck, unter welchem sich die Gase befinden, auf ihre Ausdehnung ausübt. Hierbei bediente er sich des zuletzt angewandten Apparates und erhielt, wenn wir uns an die Hauptresultate halten, unter Voraussetzung der Richtigkeit des Mariotte'schen Gesetzes folgende mittlere Werthe.

1) Für atmosphärische Luft:

bei 0° unter dem Druck:	bei 100° unter dem Druck:	Ausdehnungs-Coefficient:
109,27 Millim.	149,31 Millim.	0,36482
174,36 —	237,17 —	0,36513
266,06 —	395,07 —	0,36542
374,67 —	510,35 —	0,36587

1 L'Inst. 10me Ann. N. 423. p. 41. N. 435. Compt. rend. T. XIV. N. 5. p. 203. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. IV. p. 5. Poggendorff Ann. Bd. LV. S. 141. 391. 557.

bei 0° unter dem Druck:	bei 100° unter dem Druck:	Ausdehnungs-Coefficient:
375,23 Millim.	510,97 Millim.	0,36572
760,00 —	760,00 —	0,36650
1678,40 —	2286,09 —	0,36760
1692,53 —	2306,23 —	0,36800
2144,18 —	2924,04 —	0,36894
3655,56 —	4992,09 —	0,37091

2) für Kohlensäure:

bei 0° unter dem Druck:	bei 100° unter dem Druck:	Ausdehnungs-Coefficient:
758,47 Millim.	1034,54 Millim.	0,36856
901,09 —	1230,37 —	0,36943
1742,73 —	2387,72 —	0,37523
3598,07 —	4759,03 —	0,38598

Hieraus ergiebt sich, dass allerdings die Grösse der Ausdehnung für gleiche Wärmegrade bei der atmosphärischen Luft mit der Dichtigkeit in einem gewissen Verhältnisse wächst, bei der Kohlensäure aber in einem noch weit grösseren.

An diese Untersuchungen schliessen sich die andern über die Ausdehnung der verschiedenen Gase unter gleichbleibendem Drucke. Um letzteren zu erhalten, bediente sich Regnault eines Apparates, welcher dem durch Pouillet erfundenen Luftpyrometer nachgebildet war, und behielt übrigens die Methode bei, das mit trocknem Gase gefüllte Gefäss durch umgebendes gestossenes Eis auf 0° C. zu erkälten und dann durch die Dämpfe des siedenden Wassers auf 100° zu erwärmen. Auf diese Weise erhielt er folgende Bestimmungen des Ausdehnungscoefficienten:

Atmosphärische Luft	0,36706
Wasserstoffgas	0,36613
Kohlenoxydgas	0,36688
Kohlensäure	0,37099
Stickstoffoxydul	0,37195
Cyan	0,38767
Schweflige Säure	0,39028

Als allgemeine Resultate gehen hieraus hervor, dass sich nicht alle Gase gleichmässig ausdehnen, die Grösse der Ausdeh-

nung aber mit der Dichtigkeit derselben in einem gewissen Verhältnisse wächst[1].

Suchen wir aus diesen schätzbaren Bemühungen die für die Wissenschaft höchst wichtigen Resultate zu gewinnen, so findet sich zwischen den durch MAGNUS und REGNAULT aus zahlreichen und höchst sorgfältigen Versuchen entnommenen Bestimmungen eine solche Uebereinstimmung, dass die durch RUDBERG gefundene dadurch nothwendig an Gewicht verlieren muss. Legen wir daher den ersteren ein gleiches Gewicht bei, so ist für trockne atmosphärische Luft bei gleichbleibendem Drucke der Ausdehnungscoefficient für den Temperaturunterschied zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers

nach MAGNUS = 0,366782
nach REGNAULT I. = 0,366463
nach REGNAULT II. = 0,367060
Mittel = 0,366768

und wir dürfen daher immerhin 0,36666... oder nach BABINET $\frac{11}{30}$ als höchst genäherte Bestimmung annehmen. Ausserdem haben wir für Wasserstoffgas

nach MAGNUS . . . = 0,365659
nach REGNAULT . . = 0,366130
Mittel = 0,365895

so dass also dieses Gas sich nahe gleich der Luft ausdehnt und unmerklich abweichend für beide die nämliche Bestimmung gelten kann. Für Kohlensäure haben wir

nach MAGNUS . . = 0,369087
nach REGNAULT = 0,370990
Mittel = 0,370038

wofür 0,37 zu nehmen genügt. Für schweflige Säure

nach MAGNUS (erste Vers. Reihe) . . = 0,385618
nach MAGNUS (zweite Vers. Reihe) = 0,384400
nach REGNAULT . . = 0,390280
Mittel = 0,386766

1 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. V. p. 52. Poggendorff Ann. Bd. LVII. S. 115.

wonach unzweifelhaft die beiden letzteren zusammengesetzten Gase sich stärker als die einfachen ausdehnen. Für die übrigen Gase müssen vor der Hand die durch Regnault gefundenen Bestimmungen als hinlänglich genaue gelten.

Fragt es sich endlich, ob das eigentliche Gesetz der Ausdehnung gasförmiger Körper durch diese neuesten Versuche mit vollkommener Sicherheit aufgefunden sey, so sind zwar die Versuche nach der gewählten Methode in solcher Menge und mit so vorzüglicher Sorgfalt durchgeführt, dass auf dem gewählten Wege keine Verbesserungen in Aussicht stehen, dennoch aber lässt sich gegen die absolute Gültigkeit der erhaltenen Resultate ein Zweifel erheben, welcher mindestens einige Beachtung zu verdienen scheint. Bei allen Versuchen wird vorausgesetzt, dass die in den Gasbehältern eingeschlossene Luft durch den die Behälter umgebenden Wasserdampf die Hitze des letzteren, und durch das umgebende Eis die Temperatur des Gefrierpunctes annehme; allein Beides ist nicht erwiesen und analogen Erscheinungen nach sogar zweifelhaft. Bekanntlich wird Wasser in einem Gefässe nie zum Sieden gebracht, wenn man dasselbe in ein grösseres Gefäss mit siedendem Wasser setzt [1], und erhält also diejenige Temperatur nicht, welche ein hineingesenktes Thermometer dahin zu bringen vermag, den Siedepunct zu zeigen. Allerdings findet hierbei der wesentlich bedingende Umstand statt, dass dieses Wasser in einem zweiten besonderen Gefässe eingeschlossen ist, statt dass die Luft im ersten, den Wasserdämpfen unmittelbar ausgesetzten Behälter sich befindet; inzwischen hat die Erfahrung noch nicht dargethan, ob ein feines, in den so behandelten Luftbehälter eingesenktes Thermometer den Siedepunct und ebenso den Schmelzpunct des Eises wirklich zeigt, und doch würden wir nur diejenige Luftmasse bis zu diesen beiden Puncten erwärmt und erkaltet nennen, welche diese Wirkungen hervorzubringen vermöchte. Bei den Versuchen über die Ausdehnung der Gase fallen beide Fehler, wenn sie wirklich statt finden, zusammen und können daher die gefundenen Grössen allerdings merklich afficiren; vielleicht ist auch Rudberg's Resultat deswegen zu klein, weil er die Behälter nicht hinlänglich lange der Einwir-

1 S. Wört. Bd. X. S. 1009.

kung der Dämpfe und des schmelzenden Eises ausgesetzt hat. Um diesen Zweifel zu beseitigen, stellte HOLTZMANN auf meinen Wunsch eine Reihe von Versuchen an, indem er in einem zur Bestimmung des Siedepunctes der Thermometer dienenden Apparate feine Thermometer abwechselnd unmittelbar oder in einer Glashülle befindlich den Dämpfen des siedenden Wassers aussetzte. Es zeigte sich allerdings ein Unterschied, allein er war zu gering, als dass man die erhaltenen Bestimmungen danach zu verbessern gezwungen wäre.

Es ist gewiss nicht überflüssig, hiernach die Resultate anzuführen, welche REGNAULT über die Ausdehnung des Glases erhielt, indem die von verschiedenen Physikern gefundenen Bestimmungen nicht unbedeutend von einander abweichen. Mit Röhren von 25 bis 30 Millim. Durchmesser aus gewöhnlichem Glase wurden erhalten:

0,002714	0,002592	0,002583	0,002548
0,002576	0,002555	0,002537	0,002551
0,002601	0,002576	0,002544	0,002570,

die letzten fünf Bestimmungen mit der nämlichen Röhre. Ein von ihm gebrauchtes Gewichtsthermometer gab neun Grössen, die zwischen 0,002557 und 0,002605 liegen, im Mittel aber 0,002575 betragen. Alle diese Werthe weichen nur unmerklich von einander ab; um aber der Sache näher zu kommen und insbesondere zu zeigen, dass verschiedene Glassorten sich wirklich ungleich ausdehnen, dass ferner auch der Umstand, ob das nämliche Glas in grössern oder kleinern Kugeln oder Behältern geblasen ist, einen Einfluss äussert, und dass man vor allen Dingen von der linearen Ausdehnung der Röhren nicht sicher auf die kubische der daraus geformten Gefässe schliessen dürfe, ermittelte REGNAULT durch Versuche folgende Bestimmungen der kubischen Ausdehnung des Glases.

Glassorte und Form.	Ausdehnung.
Weisses Glas; Röhre	0,002648
Weisses Glas; Kugel, 46 Millim. Durchm. .	0,002592
Weisses Glas; Kugel, 33 Millim. Durchm. .	0,002514
Grünes Glas; Röhre	0,002299
Grünes Glas; Kugel, 36 Millim. Durchm. .	0,002132
Schwedisches Glas; Röhre	0,002363

Glassorte und Form.	Ausdehnung.
Schwedisches Glas; Kugel, 34 Millim. Durchm.	0,002441
Schwedisches Glas; Kugel, 32 Millim. Durchm.	0,002411
Hartes franz. Glas; Röhre	0,002142
Hartes franz. Glas; Kugel, 32 Millim. Durchm.	0,002242
Krystallglas; Röhre	0,002101
Krystallglas; Kugel, 39 Millim. Durchm. .	0,002330
Gebrauchter Ballon A.	0,002304
Gebrauchter Ballon C.	0,002349

Ein bestimmter Einfluss der Form geht hieraus nicht hervor, doch scheint bei der nämlichen Glassorte die Ausdehnung stärker zu seyn, wenn die Kugeln grösser, also die Hüllen dünner sind [1].

Eine gleich wichtige Untersuchung der beiden Physiker, welche sich um die Lösung des so eben betrachteten Problems so grosse Verdienste erworben haben, betrifft die Ausdehnung des Quecksilbers, wofür bisher stets die durch Dulong und Petit aufgefundenen Bestimmungen als absolut genau galten, obgleich auch hiergegen nach der Umstossung des von Gay-Lussac aufgestellten Gesetzes nicht ganz unbegründete Zweifel erhoben wurden. Regnault [2] bediente sich zum Erhitzen der mit Luft und Quecksilber gefüllten Behälter eines Oelbades und setzte voraus, dass beide darin gleichzeitig die nämliche Temperatur annehmen würden, was indess nicht wohl der Fall seyn konnte. Die gefundenen Grössen übersieht man aus folgender Zusammenstellung:

Luftherm.	Quecksilberth.	Unterschiede.
0°	0°	0
50	50,2	0,2
100	100,0	0
150	150,0	0
200	200,0	0

1 Compt. rend. T. XIV. N. 5 ff. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. IV. p. 64. Poggendorff Ann. Bd. LV. S. 584.

2 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. V. p. 83. Poggendorff Ann. Bd. LVII. S. 199.

Luftherm.	Quecksilberth.	Unterschiede.
250	250,3	0,3
300	301,2	1,2
325	326,9	1,9
350	353,3	3,3

Magnus bediente sich eines Kastens aus Eisenblech, welcher in drei gleiche, zunehmend grössere Kasten, jeder durch einen Zwischenraum von ½ Zoll vom andern getrennt, eingeschlossen war. Dieser wurde durch zehn, aus einem gemeinschaftlichen Gefässe gespeiste Weingeistlampen mit doppeltem Luftzuge erhitzt, und weil in diesen der Weingeist durch zu grosse Hitze zu sieden begann, so war über ihnen ein Eisenblech mit Löchern zum Durchlassen der Flammen horizontal gelegt, unter ihnen aber ein Gefäss mit stets kalt erhaltenem Wasser gestellt. Im Innern des Kastens befand sich der Luftbehälter nebst zwei Ausflussthermometern, die an beiden Seiten hineingebracht waren, und zwei durch den Deckel herabgelassene gewöhnliche Thermometer. Für geringere Temperaturen genügten 4 und 6 Lampen, und nur für die höchsten waren alle 10 erforderlich; ein grosser Schirm aus Zinkblech endlich, welcher auf dem horizontalen Bleche der Lampen ruhte, umschloss den ganzen Kasten nebst den Flammen, um die Abkühlung desselben möglichst zu hindern, und hierdurch liess sich erreichen, dass der innere Kasten zwar erst nach einer bis anderthalb Stunden die erforderliche Hitze erhielt, dann aber diese durch Moderirung der Lampen so lange behielt, bis alle Apparate eine gleiche Temperatur angenommen hatten, worüber die durch den Deckel herabgelassenen Thermometer Auskunft gaben. Ungeachtet aller angewandten Vorsichtsmassregeln zeigten die einzelnen Versuche merkliche Abweichungen, die man aber durch Vereinigung derselben als ausgeglichen betrachten kann. Die Endresultate übersieht man in nachfolgender Zusammenstellung:

Anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers.	Anscheinende Ausdehnung der Luft.	Ausdehnung der Luft nach Magnus.	Ausdehnung der Luft nach Dulong u. Petit.
100°	100°	100°	100°
150	148,07	148,74	148,70
200	196,34	197,49	197,05
250	242,97	245,39	245,05

Anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers.	Anscheinende Ausdehnung der Luft.	Ausdehnung der Luft nach MAGNUS.	Ausdehnung der Luft nach DULONG u. PETIT.
300	291,16	294,51	292,70
330	316,94	320,92	—
360	—	—	350,00

MAGNUS findet mit Recht die ungemein genaue Uebereinstimmung der durch ihn selbst erhaltenen Grössen mit den durch DULONG und PETIT bekannt gemachten sehr auffallend, es ist aber erfreulich, dass die Resultate dieser Physiker durch die schätzbaren neuen Versuche eine unerwartete Bestätigung erhalten haben, mithin auch die durch sie gefundene Ausdehnung des Quecksilbers, die bei so vielen anderweitigen Bestimmungen in Anwendung gebracht wird, keiner Abänderung bedarf. Man hat das Gegentheil vermuthet, weil die französischen Physiker den durch GAY-LUSSAC gefundenen Ausdehnungscoefficienten der Luft als richtig annahmen und hiernach den Gang des Quecksilberthermometers reducirten; in den niederen Temperaturen haben sie indess den Gang des Luftthermometers und des Quecksilberthermometers unmittelbar mit einander verglichen, wobei dann die absolute Ausdehnung der Luft nicht direct in Betrachtung kam[1].

Ausdehnung des Eises beim Entstehen. III. 114. anderer Körper. X. 984.

Ausdünstung, so viel als Verdunstung. S. **Verdunstung.** IX. 1720.

Ausdünstung der Menschen. I. 643. Einfluss der Elektricität auf dieselbe. III. 283.

Ausfluss, gleichmässiger, des Wassers. I. 259. Abhängigkeit der Ausflussmengen von der Zusammenziehung der Wasserader, von den Ausflussröhren und der Temperatur. S. **Hydrodynamik.** V. 533—545. theoretische Bestimmungen. 546.

Ausflüsse, elektrische. III. 326.

Auskochen der Barometer. I. 882. VI. 1850.

Zus. Das Auskochen der Barometer kam erst in Gang und wurde als dringend nothwendig empfohlen durch DE LUC[2].

Ausladeelektrometer. III. 648. 674. VIII. 538.

Auslader. I. 643. Henley'scher. 645. 952. von VAN MARUM. 953.

---

1 Poggendorff Ann. Bd. VIII. S. 177. Vergl. **Thermometer.**

2 Recherches sur l'Atmosph. T. II. p. 342.

B.

Zus. Selbstregistrirende Barometer können nicht füglich den für solche Messungen erforderlichen Grad der Genauigkeit haben; inzwischen ist ein solches in Vorschlag gebracht worden durch Blackadder[1].

---

1 Philos. Trans. 1826. Wiener Zeitschr. T. II. p. 238.

Nach einer Angabe von Daniell[1] soll bei Heberbarometern die Luft neben dem Quecksilber im kürzeren Schenkel vorbei in den längeren dringen, weswegen er vorschlägt, dieses durch einen Ring von Platin an der Grenze des Quecksilbers im kürzeren Schenkel zu verhindern. Indess haben andere Beobachter die angegebene Thatsache nicht wahrgenommen, das vorgeschlagne Mittel aber ist auf jeden Fall wegen seines Einflusses auf die Capillardepression unzulässig.

Eine gehaltreiche Abhandlung von Kämtz über die regelmässigen barometrischen Oscillationen, welche der berliner Akademie der Wissenschaften mitgetheilt wurde, ist mir noch nicht zu Gesicht gekommen[2].

Barometer, statisches. S. **Manometer.** VI. 1202.
Barometer, thermometrisches. IX. 963. V. 332.
Barometerprobe bei Luftpumpen. S. **Luftpumpe.** VI. 614.
Barometerstand. S. **Barometer.** Verschiedenheit der Barometerstände an horizontal von einander abstehenden Orten. V. 318. Einfluss der Winde auf dieselben. 319.

Zus. Oft werden weit von einander entfernte Barometer gleichzeitig afficirt, wie dieses Pictet aus den hohen Barometerständen zu London, Paris und Marseille dargethan hat[3].

Als mittlere Barometerstände unter verschiedenen südlichen geographischen Breiten nimmt Mac Hardy[4] folgende an:

Von	0°	bis	5°	S.B.	335,6	par.	Lin.
—	5	—	15	—	335,5	—	—
—	15	—	25	—	336,7	—	—
—	25	—	35	—	337,8	—	—

Diese Beobachtungen sind auf jeden Fall kleiner, als die von andern Beobachtern gefundenen, und zwar in einem solchen Grade, dass sie nicht wohl für genau gelten können.

A. Erman[5] hat seine bereits (Bd. VI. S. 1912. 1923 ff.) erwähnten Beobachtungen im atlantischen und grossen Oceane abermals zusammengestellt, woraus denn der Einfluss nicht bloss

---

1 Ann. of Philos. N. L. p. 144.
2 L'Institut 1841. N. 398.
3 Biblioth. Brit. T. XLIV. p. 20.
4 Forbes in Report of the Brit. Assoc. for 1840.
5 Dessen Archiv für wissenschaftliche Kunde von Russland. 1843. Hft. 3. S. 365.

der Breite, sondern auch der Länge auf den mittleren Barometerstand in den verschiedenen Jahreszeiten deutlich hervorgeht. Es ist dann der auf 0° R. reducirte mittlere Barometerstand auf beiden Halbkugeln in pariser Linien:

unter	0°	Breite	337,226	unter	25°	Breite	338,734
—	5	—	337,323	—	30	—	338,646
—	10	—	337,625	—	35	—	338,427
—	15	—	338,213	—	40	—	338,489
—	20	—	338,712	—	45	—	337,597.

Uebereinstimmend mit andern Angaben, wo nicht in Beziehung auf die absoluten, doch allerdings auf die relativen Grössen, nehmen also die Barometerhöhen vom Aequator an nach beiden Seiten hin zu, bis man an die äusseren Grenzen der Passate kommt, und noch etwas darüber hinaus; von da an nehmen sie wieder ab, zuerst langsam und meistens vom 50. Breitengrade an. Ausserdem ist der Barometerstand auf der nördlichen Halbkugel über dem atlantischen Oceane im Winter um 1,292, im Sommer um 1,796 Lin. höher, als über dem grossen Oceane, auf der südlichen aber im Sommer um 0,289 und im Winter um 1,583 Linien.

Barometrograph von Changeux. I. 911*.
Baroskop. S. **Barometer.** I. 759.

Zus. **Barothermometer** nennt Bodeur ein von ihm construirtes Manometer, welches aber zusammengesetzter und minder brauchbar ist, als das ihm ähnliche Sympiezometer [1].

Barre. III. 61. VIII. 1217.
Barrel. Englisches Flüssigkeitsmass. VI. 1310.
Baryllion. I. 351.
Baryt. I. 941*.
Baryum. I. 941*.
Basalt. Felsart. III. 1096. Ursprung desselben. 1097. 1098. IV. 1269. IX. 2206. Schmelzung desselben. 591. Basalttuff. III. 1100.
Bascüle. S. **Waage.** X. 35.
Basis, Base. S. **Grundlage.** IV. 1649.
Bassorin IX. 1713.
Bathometer. Werkzeug, die Tiefe des Meeres zu messen. I. 942. VI. 1611. Apparat, um Wasser aus der Tiefe heraufzufördern. 1623.

Zus. Zwei sehr zweckmässig construirte Apparate, um Wasser aus geringeren oder aus grösseren Tiefen des Mee-

1 Bullet. de la Soc. géolog. T. IX. p. 342.

res und der Seen heraufzufördern, beschreibt DAV. STEVENSON und nennt sie zweckmässig Hydrophore[1]. Man könnte sie auch Hydrobathophore nennen.

Zus. Nach JOH. MÜLLER[2] entsteht der eigenthümliche Ton des Bauchredens, wenn man die Lunge durch starkes Einathmen sehr mit Luft anfüllt, dann beim Ausathmen und ganz enger Stimmritze durch Contraction der Brustwände, während der Bauch aufgetrieben bleibt, die Töne hervorbringt. Mir scheint diese Erklärung ungenügend, da ich nicht einsehe, wie Ausathmen und Aufgetriebenheit des Bauches gleichzeitig bestehen können.

---

1 Edinb. New Phil. Journ. N. LXIV. p. 388.
2 Handbuch der Physiologie der Menschen. Bd. II. S. 240.

Zus. In Gemäsheit der Vertheilung, welche die Wolke auf der Erde erzeugt, glaubt FARADAY, der Blitz gehe stets von der Erde aus [1]. Allein aus seinen Vorstellungen von der Vertheilung folgt dieses theoretisch nicht, und die Erfahrung giebt hierüber keine genügende Entscheidung. Ausführlich über den Blitz handeln ARAGO [2] und DUPREZ [3]. ARAGO meint, die Länge des Blitzes lasse sich aus der Dauer des Donners messen, welche dem Unterschiede der Zeit gleich sey, während welcher der Schall vom Anfange des Blitzes und seinem Ende zum Ohre des Beobachters gelange. WEISSENBORN [4] versuchte die Länge des Blitzes aus dem Winkel zu messen, welchen die beiden Endpuncte im Auge des Beobachters bilden, wenn die Entfernung zugleich aus der bekannten Schallgeschwindigkeit gefunden ist; allein man weiss nicht, welche Winkel die Linie des Blitzes mit dem beiden im Auge des Beobachters vereinten Linien bilden. Nach FARADAY [5]

1 Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 608.
2 Annuaire du bureau des longit. 1838. p. 249. 255. 257.
3 Mém. cour. et Mém. des Sav. étr. de l'Acad. R. des Sc. et Bell. Let. de Brux. T. XVI. p. 111.
4 Compte rend. T. IX. p. 218.
5 Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. XIX. p. 104.

hängt die Gestalt des Blitzes sehr von Täuschungen ab, die durch die zwischen ihnen und dem Auge des Beobachters befindlichen Wolken erzeugt werden.

Zus. In der Gegend von Blankenburg wurden an der Stelle, wo schon früher deren gefunden worden waren, im Jahre 1829 abermals mehrere Blitzröhren durch Veranstaltung des Oberbergraths RIBBENTROP ausgegraben, welcher zugleich eine vollständige Beschreibung derselben bekannt machte. Unter andern bestand eine aus einem etwa 6 Zoll langen obern Ende, aus welchem zwei Zweige ausliefen, der eine zuerst 9 Zoll lang und dann in fast horizontaler Richtung noch 7 Fuss 5 Zoll lang mit zwei Nebenästen. Der zweite Ast hatte bei 4 Fuss 10 Zoll einen über 2 Fuss langen Nebenast, lief dann noch 3 Fuss 4 Zoll weiter, hatte hier abermals einen Nebenast von 1 Fuss 6 Zoll Länge und wurde dann noch 9 Zoll weiter verfolgt. Die dunkelgraue Farbe der Röhren wurde mit der Tiefe weisser, es fanden sich verkohlte Pflanzenstoffe darin; merkwürdig aber war, dass einige schwärzliche Stellen stark auf die Magnetnadel wirkten, was der eisenhaltige Sand, aus dem sie gebildet sind, nicht thut, weswegen derselbe durch den Blitzstrahl desoxydirt seyn müsste, wenn anders die Veränderung nicht durch die verkohlten Vegetabilien herbeigeführt ist[1].

1 HARTMANN in Schweigg. Journ. Bd. LVII. S. 206.

Zus. **Brom** (Bromum, frz. Brome, engl. Bromine). Dieser in allen seinen Beziehungen zwischen Chlor und Iod genau in der Mitte liegende Stoff findet sich als Bromsilber, ausserdem als Brom-Natrium-Calcium oder Magnium in sehr kleiner Menge in mehreren Salzsoolen und anderen Mineralwassern und den Seepflanzen und Seethieren.

Das Brom gefriert bei — 19° C. zu einer gelbbraunen blättrigen Masse, stellt bei gewöhnlicher Temperatur eine dunkelbraunrothe Flüssigkeit dar von 2,68 spec. Gewicht, die Elektricität nicht leitend, siedet bei 46° C. und verwandelt sich in gelbrothe Dämpfe von widrigem Geruche. Es zerstört

gleich dem Chlor die organischen Farbstoffe und Zeuge. Es bildet mit wenig Wasser ein in Oktaedern krystallisirendes hyacinthrothes Hydrat, mit mehr Wasser eine gelbrothe Lösung.

Die Bromsäure (78,4 Brom auf 40 Sauerstoff) kennt man bloss in Verbindung mit Wasser oder Salzbasen. Die wässerige Bromsäure ist eine farblose oder röthliche Flüssigkeit, welche bei 100° C. Sauerstoffgas und Bromdampf entwickelt. Die bromsauren Salze zerfallen beim Glühen theils in Sauerstoffgas und Brommetall, theils in Sauerstoffgas, Bromdampf und Metalloxyd; sie verpuffen mit brennbaren Stoffen gleich den chlorsauren Salzen; sie lösen sich mit Ausnahme des Quecksilberoxydul- und des Silberoxyd-Salzes in Wasser.

Die Hydrobromsäure (78,4 Brom auf 1 Wasserstoff) ist ein farbloses Gas von 2,7524 specifischem Gewicht und saurem Geruch, dem des salzsauren Gases ähnlich, sehr reichlich vom Wasser verschluckbar zur wässerigen Hydrobromsäure, welche eine farblose Flüssigkeit von höchstens 1,29 specifischem Gewicht darstellt.

Das Brom giebt mit Iod, Selen, Schwefel und Phosphor Verbindungen, welche denen des Chlors sehr ähnlich sind. Ebenso gleichen die Brommetalle den Chlormetallen; sie sind, mit Ausnahme des Brombleis, des Halb-Bromquecksilbers und des Bromsilbers, im Wasser löslich. G.

Zus. **Bumerang** oder **Keili,** eine bei den Wilden in Australien übliche Wurfwaffe, war schon länger bekannt, zog aber im J. 1837 die Aufmerksamkeit der englischen Physiker auf sich. Nach einem erhaltenen Original besteht der Bumerang aus einem hyperbolisch gestalteten 2,5 Zoll breiten Stücke Holz, auf einer Seite ganz eben, auf der andern schwach gewölbt. Die Länge von einem Ende zum andern

beträgt etwa 2,5 Fuss und der Abstand des Scheitels der Hyperbel bis zur Mitte dieser Linie etwa 1 Fuss. Die Wilden werfen die Waffe, die convexe Seite nach aussen gekehrt, von der Linken nach der Rechten, worauf sie stets sich drehend und fortschreitend, bald aufsteigend, zuweilen sinkend, vorwärts und zuletzt zurück fliegend an den Platz des Werfenden zurück und wohl über diesen hinaus fliegt. Das Werfen desselben erfordert eine gewisse Fertigkeit, doch sah POGGENDORFF zu Dublin, dass diese durch Uebung erlangt werden kann, und glaubt, das Bumerang werde bloss gegen truppweise fliegende Vögel gebraucht. (Ein Engländer erzählte mir, die Neuholländer bedienten sich desselben, um die sehr scheuen Kängurnhs zu beschleichen, denen sie sich im Gebüsch näherten und die sie dann durch einen Wurf in unerwarteter Richtung träfen.) J. S. MOORE, welcher einige Keili's (denn so heissen sie in den westlichen Gegenden) vom Swan-River zugesandt erhielt, vermochte sie am besten zu werfen, wenn er sie am einen Ende anfasste, die concave Seite einwärts und die flache nach unten haltend, ihre Ebene einen Winkel von etwa 40 Grad mit dem Horizonte machen liess, und sie dann mit drehender Bewegung fortwarf, als wenn sie etwa in 30 Ellen Entfernung in den Boden schlagen sollten. In einer Entfernung von etwa 25 Ellen wird die Ebene des Bumerang horizantal, bleibt es in einer Strecke von 15 Ellen, dann erhebt es sich in die Luft nach der Linken gehend, macht mit seiner Ebene einen Winkel von 30 bis 40 Graden gegen den Horizont und beschreibt anscheinend einen Bogen nach der Linken hin. Hat es in einer Entfernung von 60 bis 70 Ellen eine Höhe von 40 bis 60 Fuss erreicht, so kehrt es um, sinkt an den Punct zurück, von wo es geworfen wurde, und während seine Ebene mehr horizontal wird, streicht es mehrere Fuss über den Boden hinweg und geht rechts neben dem Werfenden vorbei. Während des Vorbeigehens richtet es seine Ebene mehr auf, steigt zum zweiten Male in die Höhe und beschreibt 15 bis 20 Ellen hinter dem Werfenden eine zweite Curve, aber von der Linken zur Rechten, dem Laufe seiner Rotation und der ersten beschriebenen Curve entgegengesetzt, die beständig von der Rechten zur Linken geht.

Eine mathematische Demonstration dieser Bewegung wäre sehr interessant, dürfte aber, da unter andern auch das Wi-

derstandsgesetz der Luft dabei in Betracht kommt, nicht bloss sehr verwickelt seyn, sondern wohl ohne Zweifel über die Kräfte der Analyse hinausgehen [1].

C.

Zus. Beim Calibriren mit Quecksilber oder Wasser muss stets beachtet werden, dass die Temperatur der Flüssigkeit sich nicht merklich ändert.

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XLV. S. 474.

Zus. Eine spätere gelehrte Abhandlung über die Capillarität ist von IVORY[1], das neueste gelehrte, gegen LAPLACE gerichtete Werk aber ist von POISSON[2]. Einen Auszug daraus, worin zuerst die Einwendungen zusammengestellt werden, die derselbe gegen LAPLACE erhebt, dann dessen eigene Theorie in ihren Hauptsätzen übersichtlich gemacht wird, hat H. S. LINK gegeben[3]. Doch kann ich hier nur auf diese Quellen verweisen.

Eine neue physikalische Theorie der Capillarität, mit Rücksicht auf die durch POISSON gegen LAPLACE aufgestellten Einwürfe, hat JOH. MILE bekannt gemacht; sie ist aber zu weitläufig und bezieht sich auf zu viele Thatsachen, die rücksichtlich der Art ihrer Anwendung auf die Lösung des vorliegenden Problems erst einer genaueren Kritik zu unterwerfen wären, als dass sich hier eine kurze Uebersicht derselben geben liesse[4]. Auf eine diesem Probleme gewidmete Abhandlung von CHALLIS[5] will ich nur beiläufig aufmerksam machen.

A. BRAVAIS hat den zu LAPLACE's Theorie der Capillarität gehörigen Calcül abermals vorgenommen und genau durchgeführt und hiernach dann eine den verschiedenen Weiten der Röhren zugehörige Tabelle der Depressionen der Quecksilbersäule im Barometer berechnet[6]. Da aber durch die Erfahrung bewiesen ist, dass die Art des Glases auf die Capillardepression des Quecksilbers einen bedeutenden Einfluss hat und sogar die nämliche Glassorte in dieser Beziehung zuweilen durch die Zeit verändert wird (Bd. VI. S. 1847), die Constanten in der Formel aber nur aus Versuchen mit einer einzigen Glassorte entnommen sind, so geht hieraus hervor, dass diese Tabelle ebenso wie die früher berechnete auf allgemeine genaue Gültigkeit keine Ansprüche haben kann.

---

1 Philos. Magaz. and Ann. of Philos. 1828. Jan. p. 1.
2 Nouvelle Théorie de l'Action capillaire par M. Poisson. Par. 1831. 4.
3 Poggendorff Ann. Bd. XXV. S. 270. Bd. XXVII. S. 193.
4 Poggendorff Ann. Bd. XLV. S. 287. 501.
5 Lond. and Edinb. Phil. Mag. 1836. Febr.
6 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. V. p. 492.

Zus. Neuere Versuche über die Festigkeit verschiedener Körper hat BEVAN angestellt[1].

Sehr interessante und für die praktische Anwendung wichtige Resultate hat VICAT aus seinen Versuchen erhalten. Dieser spannte angelassene Eisendrähte von 2 bis 3 Meter Länge

1 Philos. Magaz. T. LXVIII. p. 181.

durch Gewichte, die $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{3}$; $\frac{1}{2}$ und $\frac{3}{4}$ ihrer absoluten Tragkraft betrugen, und mass die wachsende Ausdehnung derselben mittelst feiner Fühlhebel. Die unmittelbar nach dem Anhängen der Gewichte erzeugte Ausdehnung nicht mitgerechnet dehnten sie sich in den ersten Monaten sämmtlich aus, der mit $\frac{1}{4}$ seiner Tragkraft Gewicht belastete blieb dann aber unverändert, der mit $\frac{1}{3}$ belastete erhielt binnen 33 Monaten eine Verlängerung von 2,75 Millim. auf das Meter, der mit $\frac{1}{2}$ belastete um 4,09 und der mit $\frac{3}{4}$ belastete um 6,13 Millim. auf das Meter. Die Geschwindigkeiten der Verlängerungen sind sehr nahe den Zeiten proportional und die Grössen der Verlängerungen in gleichen Zeiten beinahe den Belastungen. Eigentlich hätten die Versuche länger als 33 Monate fortgesetzt werden sollen; so wie sie vorliegen, geht aber aus ihnen hervor, dass keine Belastung mehr als $\frac{1}{4}$ der absoluten Tragkraft betragen darf, weil sonst die fast gleichmässig wachsende Verlängerung nothwendig ein endliches Zerreissen herbeiführen muss. Hierbei wird die Abwesenheit jeder Erschütterung vorausgesetzt[1]. — Ueber die Cohäsion des Eisendrahtes s. **Hängebrücken.**

---

1 L'Instit. Nr. 28. p. 238. Poggendorff Ann. Bd. XXXI. S. 108.

2 Einige Bemerkungen darüber von G. S. Ohm s. in Poggendorff Ann. Bd. XLVII. S. 463.

3 Dieser Commutator ist genau beschrieben in Poggendorff Ann. Bd. XXXVI. S. 366. Ein anderer von Poggendorff erfundener, sehr zweckmässig construirter Commutator, auch **Inversor** genannt,

Zus. Der Condensator, welchen MUNK AF ROSENSCHÖLD wegen seiner Empfindlichkeit empfiehlt, besteht aus zwei ganz eben auf einander geschliffenen runden Kupferplatten von 2 Lin. Dicke und 3 Z. 7 Lin. Durchmesser. Die untere Platte wird auf ein Gestell gelegt, um sie von unten mit einer Weingeistlampe zu erhitzen. Man legt dann am Rande herum etwa

---

findet sich nebst erläuternder Zeichnung ebendas. Bd. XLV. S. 385. Es liegt dabei dem Wesen nach das Princip zum Grunde, welches NEEF bei seinem Blitzrade in Anwendung gebracht hat, und eben dieses hat in grösster Einfachheit auch WHEATSTONE bei seinem Telegraphen gewählt. S. **Telegraph.**

1 Ausführlich über die Erfindung des Compasses handelt JUL. KLAPROTH in Lettre: à M. le Baron de Humboldt sur l'invention de la boussole. Par. 1834.

20 bis 30 kleine Stücke reines Schellack von der Grösse eines Sandkorns und zwischen diese in gleichen Abständen 6 schmale Streifen Stanniol; die Platte wird erhitzt, und wenn die Gummilack-Körner geschmolzen sind, die obere Platte gleichmässig daraufgedrückt. Indem man augenblicklich die Lampe wegnimmt, erkaltet die untere Platte, die zum Aufschrauben auf das Elektrometer bestimmt ist, schnell, die obere aber, die mit einer isolirten Handhabe versehen ist, lässt sich leicht trennen; die Stanniolstreifen werden weggenommen, und so sind beim Gebrauche die Platten durch eine ihrer Dicke gleiche Luftschicht getrennt[1].

Der Condensator, dessen sich Péclet zur Anstellung des Volta'schen Fundamentalversuches bediente, bestand aus drei ebenen und mittelst Eiweiss mit Goldplatt belegten Spiegelglasplatten. Die eine, A genannt, ist auf einem Blattgoldelektrometer befestigt und auf der oberen Fläche überfirnisst. Die zweite, B genannt, ruht horizontal auf der ersten, ist auf beiden Seiten gefirnisst und an einem Punkte ihres Umfanges mit einem vergoldeten ungefirnissten Kupferstäbchen versehen, hat auch, wie die gewöhnlichen beweglichen Condensatorplatten, in ihrer Mitte ein isolirendes Glasstäbchen. Auf dieser Platte ruht die dritte, C genannt, welche bloss auf der unteren Seite gefirnisst und in ihrer Mitte mit einer Glasröhre zum Durchlassen des zu B gehörigen Glasstäbchens versehen ist, welcher aber aus der Glasröhre hervorragt. Beim Gebrauche berührt man die obere Platte mit demjenigen Metalle, dessen elektrisches Verhalten gegen Gold geprüft werden soll, und setzt zugleich die Platte B mit dem Erdboden in leitende Verbindung, unterbricht diese, hebt die Platte C ab und berührt die Platte A. Nachdem man diese Operation einige Mal wiederholt hat, hebt man beide obere Platten mittelst der Glasröhre an B ab, und findet dann, dass die Goldplättchen um so viel stärker divergiren, je öfter der Contact wiederholt wurde[2].

Condensator der Dampfmaschinen. II. 472.
Condensator der Wärme. X. 1179.
Conductor. Leiter der Elektricität. III. 238. erster. 280. 427. 438.

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXV. S. 47.

2 Compt. rend. T. VII. p. 486. Poggendorff Ann. Bd. XLVI. S. 343. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. II. p. 233.

---

1 Die Systeme der magnetischen Curven u. s. w. ausgeführt in 37 grossen graphischen Darstellungen auf 31 Tafeln u. s. w. von J. Ernst Herger. Leipz. 1844. Imp.-Fol.

D.

Zus. **Daguerrebilder, Daguerreotypie, Photographie, Heliographie, Kalotypie, Cyanotypie, Ferrotypie, Anthotypie, Chrysotypie, Thermographie.** Die chemischen Wirkungen des Lichts waren lange bekannt, auch wusste man, dass Silbersalze gegen diese vorzugsweise empfindlich sind, und benutzte daher verschiedene damit imprägnirte Körper, um Einflüsse des Lichts zu prüfen. Seit dem Jahre 1838 aber enthielten die öffentlichen Blätter viele wiederholte Nachrichten von Bildern, welche DAGUERRE auf diese Weise mit Anwendung einer Camera obscura erzeugte. Das Publicum nahm hieran sehr allgemeines, wie POGGENDORFF mit Recht sagt, übertriebenes Interesse, und bewunderte insbesondere die unglaubliche, zuweilen nur mittelst der Loupe erkennbare Feinheit der dargestellten Gegenstände, obgleich diese mit der Erzeugung der Bilder durch Linsengläser nothwendig verbunden ist, während dagegen die zu ihrer Fixirung angewandten Stoffe das Wichtigste bei der Sache waren. Gleichzeitig wurden auch an andern Orten, namentlich in England durch TALBOT, ähnliche Versuche gemacht, allein die von dem Letz-

teren erhaltenen Producte blieben weit hinter den parisern zurück. Das zu ihrer Erzeugung angewandte Verfahren blieb lange Zeit ein Geheimniss, bis ARAGO der Deputirtenkammer einen Bericht darüber abstattete, um dem Erfinder eine Remuneration (eine jährl. Pension von 6000 Francs) zu erwirken, worauf er demnächst auch die Sache im Institute erläuterte. Da es der Mühe werth ist, die wesentlichsten Züge dieser wichtigen Erfindung der Nachwelt aufzubewahren, so theilen wir sie hier in der Kürze mit [1].

ARAGO beginnt mit den Leistungen der durch J. B. PORTA erfundenen Camera obscura und den Veränderungen, welche das Licht in Silbersalzen hervorbringt, von denen schon FABRICIUS [2] redet. Erst am Ende des vorigen Jahrhunderts zeichnete CHARLES auf einem hierzu präparirten Papiere Silhouetten mittelst der Einwirkung des Lichts, ohne dass sein Verfahren genauer bekannt wurde. Der Anfang der Photographie beginnt daher mit WEDGWOOD, welcher auf Leder oder Papier mit Chlorsilber oder salpetersaurem Silberoxyd überzogene Glasmalereien der Kirchenfenster und Kupferstiche copirte [3], und mit H. DAVY, dem es gelang, mittelst eines Sonnenmikroskops in geringem Abstande von der Linse kleine Gegenstände zu copiren. Schon seit 1814 beschäftigte sich der Privatmann NIEPCE aus der Gegend von Chalons-sur-Saone mit der Aufgabe, Lichtbilder auf Metallflächen zu fixiren; im J. 1826 erhielt er Nachricht von ähnlichen Versuchen des Malers DAGUERRE zu Paris, indess gelang es ihm, hinlänglich scharfe Bilder nach seiner Methode darzustellen, die er nebst einer Abhandlung im folgenden Jahre der königlichen Societät zu London vorlegte. Beide Erfinder vereinigten sich zur gemeinschaftlichen Benutzung der Sache durch einen Contract vom 14. Dec. 1829, und aus den hierauf bezüglichen Verhandlungen geht hervor, dass die Reagentien, deren sich NIEPCE bediente, sehr unempfindlich waren, indem sie eine gegen 12 Stunden lange Einwirkung des Lichts bedurften, wonach also das Verdienst, die Bilder in kurzer Zeit zu verfertigen, dem DAGUERRE gebührt.

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XLVIII. S. 193 ff.
2 De rebus metallicis. 1566.
3 Journal of the Royal Institution. 1802. Juni.

Niepce bereitete aus Asphalt in Lavendelöl gelöst durch Abdampfen einen Firniss, überzog damit silberplattirte Kupferplatten und erwärmte diese, bis ein dünner weisser Ueberzug zurückblieb. Diese Platten, dem Lichte in der Camera obscura ausgesetzt, zeigten bald ein schwaches Bild; er tauchte sie dann in ein Gemisch von Lavendelöl und Steinöl, wodurch die vom Licht veränderten Stellen nicht angegriffen, die andern aber gelöst wurden, so dass sie nach Abwaschen mit Wasser als spiegelndes Metall in gehörigen Stellungen dunkel schienen und somit die weissen Stellen des Bildes dem Lichte, die dunkeln dem Schatten zugehörten. Der durch das Licht unveränderte, einem feinen Pulver ähnliche Firniss war aber nicht weiss, sondern nur grau, und der Gegensatz von Weiss und Schwarz daher nicht scharf. Um den Effect zu verstärken, versuchte er die blanken Stellen durch Schwefelkalium oder Iod zu schwärzen. Abgerechnet die Veränderungen, welche das iodirte Silber durch fortgesetzte Einwirkung des Lichtes erleidet, hatte die Methode noch den Uebelstand, dass ein zu starkes Lösemittel den Firniss leicht ganz oder grösstentheils wegnahm, ein zu schwaches nur unvollkommen wirkte, und daher der Erfolg niemals sicher war. Daguerre verbesserte dieses Verfahren, indem er den Rückstand des destillirten Lavendelöls in Alkohol oder Aether löste, hiervon einen Ueberzug auf die versilberten Platten auftrug und abdampfte, wodurch ein gleichmässiger, pulveriger Ueberzug zurückblieb. Nachdem das Bild der Camera obscura hierauf eingewirkt hatte, hielt er sie in gehörigem Abstande über einem Gefässe mit verdampfendem ätherischen Oele, wodurch die vom Lichte veränderten Stellen unangegriffen, die weniger veränderten mehr, die gar nicht veränderten ganz durchdrungen wurden. Obgleich diese Methode mit Sicherheit bessere Bilder gab, so stand ihr doch die erforderliche lange Dauer der Einwirkung des Lichtes entgegen.

Die eigentliche neuere Daguerreotypie beginnt mit der Iodirung der übersilberten Kupferplatten, die dann mit einem goldgelben Ueberzuge versehen nur kurze Zeit in der Camera obscura blieben, demnächst anscheinend unverändert den Quecksilberdämpfen ausgesetzt, dann in einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron herumgeführt und mit heissem Wasser abgewaschen wurden. Daguerre bemerkte hierbei, dass

silberplattirte Kupferplatten geeigneter sind, als massiv silberne, was man für eine Wirkung der galvanischen Elektricität hielt. Gleich Anfangs wurde die zu iodirende Platte in einen Rahmen gelegt und nachher in eben demselben unter einem Winkel von 45⁰ Neigung den Quecksilberdämpfen ausgesetzt. Zur Erklärung des Effectes meint ARAGO, das Licht in der Camera obscura bewirke eine Verdampfung des Iods und entblösse das Metall, der Quecksilberdampf bringe auf diesen Stellen ein weisses Amalgam hervor, und das unterschwefligsaure Natron nehme die durch das Licht nicht entfernten Iodtheilchen weg; allein er findet diess ungenügend, um über die zahllosen Abstufungen der Schattirungen im Bilde Auskunft zu geben. Die Iodschicht vermehrt das Gewicht der Platte nicht merklich, wohl aber geschieht dieses durch Hinzukommen des Quecksilbers; wenn sie aber gewaschen ist, so wiegt sie nach PELOUZE weniger, als vor der ganzen Operation, obgleich etwas Amalgam zurückbleibt, woraus hervorgeht, dass etwas Silber weggenommen wird, das man auch in der Flüssigkeit wiederfindet. Zur Erklärung der Thatsachen wird angenommen, dass die von der Platte aufgenommenen Quecksilberkügelchen in den lichteren Stellen sehr dicht liegen, in den Mitteltinten weniger dicht und in dem Schwarzen ganz fehlen. Warum die Platte nach DAGUERRE den Quecksilberdämpfen nothwendig unter einem Winkel von 45⁰ ausgesetzt seyn soll, sucht ARAGO aus entstehenden Krystallnadeln zu erklären, ohne dieses jedoch für genügend zu halten; dagegen hat DUMAS die Quecksilberkügelchen unter dem Mikroskope erkannt und A. BRONGNIART ihren Durchmesser gleich $\frac{1}{800}$ Millim. bestimmt.

Von da an, also seit dem Jahre 1839, hat die Daguerreotypie einen seitdem nicht sehr bedeutend übertroffenen Grad der Vollendung erreicht; die Erzeugung der Bilder geschieht schnell, ohne dass das Licht sich merklich ändert, und es ist dadurch möglich geworden, Portraits von Menschen zu machen, indem die Aufgabe, während einer sehr verkürzten Zeit die Gesichtszüge unverändert zu erhalten, nicht mehr zu schwierig erscheint, die erzeugten Bilder aber bleiben fortwährend unverändert. Die Bemühungen, einen geeigneten Firniss zu finden, um die Bilder dadurch gegen äussere Verletzungen zu schützen, hat man aufgegeben, man bringt sie jetzt besser hinter Glas, auch hat man den Wunsch, die Gegenstände mit ihren

natürlichen Farben darzustellen, nicht ernstlich verfolgt, weil nicht wohl zu erwarten steht, ein Reagens gegen das Licht aufzufinden, welches durch die verschiedenen Farben auf eine ihnen entsprechende oder wohl gar sie wiedergebende Weise afficirt würde.

Nachdem Daguerre sein bis dahin geheim gehaltenes, in öffentlichen Blättern vielfach ausposaunteś Verfahren bekannt gemacht hatte, beschäftigte man sich sehr allgemein mit der Erzeugung photographischer Bilder, und die Industrie verfehlte nicht, das durch wissenschaftliche Forschungen Errungene zum Gewinn auszubeuten, indem Künstler mit geeigneten Maschinen herumreisten, um das Verfahren für Geld zu zeigen und Bilder von festen Gegenständen zu verfertigen, später auch, nach weiteren Verbesserungen des Verfahrens, zu portraitiren. Rücksichtlich der Schönheit der erzeugten Bilder kommt hauptsächlich in Betrachtung die Güte der anzuwendenden Camera obscura, insofern nur solche, die mittelst achromatischer Linsen ein sehr scharfes Bild erzeugen, am geeignetsten sind, dann die Politur der Platten, die gegenwärtig ein Gegenstand des Handels geworden sind, die Vorbereitungen derselben zur Aufnahme der Bilder, und endlich das Verfahren beim Photographiren. Unter dem von verschiedenen Künstlern verfertigten Apparaten gehören die aus der Werkstatt von Voigtländer in Wien hervorgehenden, bei denen man in einem Kasten zugleich alle für den Process im Ganzen erforderlichen einzelnen Vorrichtungen vereint findet, zu den vorzüglichsten. Sehr feine Politur und absolute Reinheit der Platten gehören zu den wesentlichsten Erfordernissen, und da diese nur neben grosser Sorgfalt durch einen beträchtlichen Zeitaufwand zu erhalten sind, so liegt hierin ein Grund, dass die Physiker sich mehr von der Sache zurückziehen und sie denen überlassen, die sie handwerksmässig betreiben, eben dadurch aber eine ausnehmende Fertigkeit darin erlangen.

Die Methoden des Polirens der Platten sind sich nicht durchaus gleich, indess kann man durch verschiedene Verfahrungsweisen zu genügenden Resultaten gelangen, wenn nur für Feinheit der Politur und Reinheit der Platten gehörig gesorgt wird. Daguerre polirte anfangs die erwärmten Platten mit Oel und Bimssteinpulver, später aber empfahl er Bimssteinpulver und verdünnte Salpetersäure, zuerst von 5 Grad (ver-

muthlich nach BEAUMÉ), zuletzt ganz schwache. Die Anwendung des Polirroth verwirft er, weil ein feiner Ueberzug davon zurückbleibe; inzwischen habe ich untadelhafte Bilder gesehen, die auf so polirten Platten erzeugt waren, wobei sich jedoch von selbst versteht, dass man nicht unterlassen darf, die letzten Antheile des Polirmittels, die sich durch einen röthlichen Schein der gegen auffallendes Licht gehaltenen Platten kund geben, gänzlich fortzuschaffen. Ferner glaubt DAGUERRE, es schade der Feinheit der Politur, dass sich atmosphärischer Schmutz (limon atmosphérique) auf ihnen absetze, und empfiehlt daher, sie kurz vor dem Iodiren in einem Rahmen mit Wasser zu bedecken, dieses zum Sieden zu bringen und abfliessen zu lassen; allein man bedarf dieses Verfahrens nicht, muss sich aber hüten, dass die Platte vor dem Einbringen in die Camera obscura nicht zu kalt ist, weil sonst der feine Niederschlag, der sich aus der bedeutend wärmeren Luft darauf absetzt, allerdings nachtheilig wirkt[1]. Andere französische Physiker haben den schädlichen Einfluss eines solchen feinen atmosphärischen Anflugs bestritten, halten ihn vielmehr für vortheilhaft; noch andere dagegen halten ihn für so nachtheilig, dass sie jederzeit künstliche Mittel zum völligen Austrocknen des anzuwendenden Polirmittels in Anwendung bringen; allein es würde zweckwidrig seyn, auf die weitere Discussion dieser Frage einzugehen. Ueberhaupt scheint es mir überflüssig, die vielen verschiedenen Methoden des Polirens der Platten, welche DAGUERRE später bekannt gemacht hat, hier zu erwähnen, da man die schönsten Bilder auch ohne sie erhalten kann.

Ueber die verschiedenen Methoden des Daguerreotypirens wird es genügen, Folgendes anzugeben. Vorausgesetzt, dass man sich im Besitz einer hinlänglich guten Camera obscura befindet, wird man sich zuerst die übersilberten Kupferplatten verschaffen, die man aus Paris, Wien, Berlin und sonstigen grösseren Städten in geeigneter Form und Grösse leicht erhält. WALKER[2] schlägt vor, galvanisch versilberte Kupferplatten selbst zu verfertigen, mir ist aber nicht bekannt, ob dieses zu geschehn pflegt. Um sie dann gehörig zu poliren, befe-

---

1 Compt. rend. T. XVI. p. 588. Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 586.
2 Die Galvanoplastik u. s. w. übers. von C. H. SCHMIDT. S. 81.

stigt man sie auf einem zwischen 2,5 bis 4 Zoll Durchmesser haltenden, etwa 3,5 Zoll hohen Cylinder, welcher in der Mitte etwas verjüngt ist, um ihn bequem mit der Hand fassen zu können. Das Befestigen auf der oberen, in der Mitte etwas ausgehöhlten, Fläche des Cylinders geschieht mittelst etwas Pech, dessen sich die Mechaniker zum Aufkleben bedienen, welches man auf dem Rande ausbreitet, erwärmt, und dann die Platte aufdrückt, die sich nach dem Poliren leicht wieder trennen lässt; oder man bindet über die Fläche 2 bis 3 Streifen gleichmässig dickes Federharz, erweicht dieses nöthigenfalls durch sehr wenig Terpentinspiritus, und drückt die Platte darauf[1]. Zum Poliren dient auf jeden Fall sehr feine, sorgfältig ausgekämmte Baumwolle, welche nicht grobfaserig an sich und frei von sonstigen Fasern, von Staube und aller Art knotiger Körper seyn muss, weil jede etwas härtere Substanz leicht Streifen erzeugt, die nachher nur mit grosser Mühe oder gar nicht fortgeschafft werden. Aus der Baumwolle fertigt man lockere Bäuschchen von der Grösse einer Wallnuss; auch kann man die gebrauchten mit einer frischen Lage überziehen, fasst diese zwischen den Fingern und vollführt das Reiben mit geringem Drucke. Das genügende Verfahren ist bereits oben (Bd. X. S. 2456) vollständig angegeben, doch kann man auch folgendes mit sicherm Erfolg in Anwendung bringen. Der auf jeden Fall geschlämmte, sehr feine Trippel wird aus einem Glase durch etwas Musselin auf die Platte so gebeutelt, dass er sich nirgend zusammenballt, mit wenigen Tropfen Terpentinspiritus befeuchtet und dann mittelst der Baumwolle in engen fortschreitenden Kreisen ganz herum verrieben, bis die Platte trocken und das Pulver verschwunden ist. Die so behandelte Platte muss dann fein glänzend, frei von Staube, hauptsächlich aber von Flecken und Streifen seyn; sie erhält aber einen noch höhern Grad der feinsten Politur, wenn man, nachdem das angegebene Verfahren oft genug wiederholt ist, abermals etwas Trippel aufpudert, etliche Tropfen Alkohol oder noch besser eines Gemenges von $\frac{3}{4}$ Alkohol und $\frac{1}{4}$ Schwefeläther auftröpfelt, dieses mit einem frischen Bäuschchen Baumwolle sanft bis zur Trockne verreibt, letzteres Verfahren etliche Mal wiederholt, so weit es nöthig ist, und zuletzt die Platte mit

1 Vergl. Frankf. Gewerbsfreund. 1843. N. 2.

einer feinen Sammetbürste säubert. Ob die Platte hinlänglich polirt sey, wird dadurch geprüft, dass man sie anhaucht, indem dann der entstehende Ueberzug gleichmässig verbreitet seyn, gleichmässig und schnell verschwinden und keine Puncte oder Flecke zurücklassen muss. Jeder zurückbleibende Fleck zeigt das Vorhandenseyn von Schmutz an, welcher die Platte zur Erzeugung eines guten und gleichmässigen Bildes untauglich macht.

Obgleich bei den besseren Apparaten eigene Kapseln vorhanden sind, um die Platten gegen auffallenden Schmutz zu sichern und in ihrer Reinheit zu erhalten, so thut man doch wohl, das Poliren nicht lange vor ihrem Gebrauche vorzunehmen, oder sie unmittelbar vorher mit der Sammetbürste und in deren Ermangelung mit einem frischen Bäuschchen Baumwolle zu säubern. Die so zugerichtete Platte wird dann in den schon von Daguerre gebrauchten, mit einem versilberten Kupferringe versehenen Rahmen gelegt, um sie zu iodiren. Hierzu dient ein geeignetes Gefäss von Glas oder Porzellan, in welches man die sehr verdünnte Chloriodsolution schüttet und die im Rahmen liegende Platte darüber legt, bis der gleichmässige goldgelbe Ueberzug vorhanden ist. Man kann hierbei die Platte im Tageslichte, nur nicht im directen und noch weniger im auffallenden Sonnenlichte, augenblicksweise besehen, um zu wissen, ob die Iodirung vollständig ist, die am besten nur schwach aus dem Goldgelben ins Röthliche übergehen darf. Die Platte wird dann sogleich, und ohne dem indirecten Tageslichte eine merkliche Zeit ausgesetzt zu seyn, in die Kapsel wieder eingeschlossen und bis zum Gebrauche, den man nicht wohl längere Zeit verschieben darf, aufbewahrt. Bedient man sich einer concentrirten Chloriod-Verbindung, die in der Kälte gesteht und dann erst durch die warme Hand flüssig gemacht werden muss, so bedarf man von dieser nur etliche Tropfen, die man in das mit destillirtem Wasser gefüllte Gefäss schüttet. Soll die Zeit der Einwirkung des Lichts auf die iodirte Platte abgekürzt werden, was in geeigneten Fällen wünschenswerth seyn kann, so setzt man zu dieser Flüssigkeit eine geringe, für schwächeres Licht etwas grössere Quantität Bromiod hinzu. Diejenigen, welche sich viel mit dem Daguerreotypiren beschäftigen, wählen eigenthümliche, ihnen besser zusagende Mischungen und Methoden des

Iodirens, im Allgemeinen aber darf als Regel gelten, dass ein Zusatz von Brom die Platten gegen die Einwirkung des Lichts zunehmend empfindlicher macht, und dass die Platten nur einen goldgelben, ins Röthliche wenig übergehenden Ueberzug haben müssen. Uebrigens pflegen die Künstler, welche Apparate zum Daguerreotypiren verfertigen, diesen zugleich die nöthigen Präparate und in der Regel auch eine Anweisung zu deren Gebrauche beizugeben, womit man immerhin den Anfang machen kann, bis eigene Erfahrung zu Verbesserungen führt. Will man aber die erforderlichen Flüssigkeiten selbst bereiten, so erhält man das Iodchlorür auf folgende Weise. Man lässt aus Kochsalz, Braunsteinpulver und Schwefelsäure Chlor sich entwickeln, leitet dieses in einen etwa 2 Zoll weiten und 6 Zoll hohen Glascylinder, auf dessen Boden sich trocknes, gepulvertes Iod befindet, und rührt zuweilen die bald flüssig werdende dunkelschwarzbraune Masse mit einem Glasstabe um. Ist der grösste Theil des Iod aufgelöst, so unterbricht man die Operation, weil sonst eine andere gelbe, für diesen Zweck unbrauchbare Verbindung entstehen würde. Das entstandene Iodchlorür versetzt man mit 16 Theilen Wasser, lässt das sich ausscheidende Iod ruhig sich auf dem Boden absetzen, und gebraucht die darüberstehende, schwach röthlich gelb aussehende Flüssigkeit. Das Iodbromür bereitet Gaudin, welcher es zuerst in Anwendung brachte, auf folgende Weise. Er goss in eine alkoholische Lösung von Iod tropfenweise so lange Brom, bis die Mischung schön roth wurde, und verdünnte sie dann mit Wasser, bis sie eine strohgelbe Farbe angenommen hatte. Beim Eingiessen des Broms muss man sich hüten, dass kein Tropfen in die Augen spritzt, denn das würde sehr nachtheilige Folgen haben. Man thut wohl, von Zeit zu Zeit einige Tropfen Bromwasser nachzuschütten, weil das Iod leicht in der Mischung prädominirt. Nach Gaudin soll man die Platten erst den Iodchlor-Dämpfen bis zur lichtgelben Farbe aussetzen, dann den Iodbrom-Dämpfen, bis sie einen rosen- oder hellrothen Ton erhalten.

Ist die Camera obscura auf den bestimmten Gegenstand gerichtet und so hergestellt, dass sich auf der an der Stelle der Platte befindlichen mattgeschliffenen Glasscheibe ein scharfes Bild des Gegenstandes zeigt, so thut man wohl, die Objectivlinsen noch ein Minimum auszuziehen, ein den geübten

Praktikern längst bekanntes, von Claudet veröffentlichtes Hülfsmittel[1]. Ohne Verrückung des Apparats und des Gegenstandes wird dann nach bedecktem Objectiv die iodirte Platte eingesetzt, die Bedeckung des Objectivs rasch weggenommen und die Einwirkung des Lichts während der erforderlichen Zeit, die nach Umständen etwa 15 Secunden bis 2 Minuten, bei Anwendung von Brom weniger als 1 Minute dauern kann, abgewartet, alsdann aber die Bedeckung eben so rasch wieder aufgesetzt. Dass weder beim Einbringen noch beim Herausnehmen die Platte eine längere Zeit der Einwirkung des directen Tageslichts ausgesetzt werden dürfe, versteht sich von selbst. Man legt dann die herausgenommene Platte wieder in den zum Iodiren verwandten Rahmen, bringt sie 45° gegen den Horizont geneigt in den hierzu bestimmten dunklen Kasten an dessen Boden in einem eisernen Schüsselchen sich etliche Unzen Quecksilber befinden, erhitzt dieses mit einer kleinen untergesetzten Weingeistlampe bis 75° und erhält diese Temperatur so lange bleibend, bis das Bild in genügender Deutlichkeit hervorgetreten ist. Um dieses zu beobachten, enthält der Kasten ein mit einem Schieber verschlossenes Fenster, welches man entblössen kann, um hineinzusehen. Die herausgenommene Platte wird dann sofort in einer wässerigen Lösung von unterschwefligsaurem Natron etliche Mal hin und her geführt, die den unveränderten Iodüberzug wegnimmt, hierauf mit siedendem Wasser abgespült, und das Bild ist fertig. Die genannte Lösung besteht aus 1 Drachme Salz auf 1 Unze destillirtes Wasser; für das Abspülen muss aber die Platte schräg gestellt werden, und zwar so, dass das Wasser ablaufen kann, ohne Schmutz von den Fingern und sonstigen Gegenständen mit sich zu führen.

Neuerdings hat man ein Mittel angewandt, um die schwarze Färbung noch dunkler zu machen und den Bildern mehr Festigkeit und Schönheit zu geben, welches mittelst der Anwendung der Fizeau'schen Goldtinctur geschieht. Das hierfür anzuwendende praktische Verfahren besteht in Folgendem. Man löst 1 Theil festes Goldchlorit in 960 Theilen Wasser und hebt diese sich nicht verändernde Lösung in einem geeigneten

---

1 Compt. rend. T. XVIII. p. 954.

Glase auf. Eben dieses geschieht mit einer Lösung von 3 Theilen unterschwefligsaurem Natron in 960 Theilen Wasser. Erst vor dem Gebrauche, weil die Mischung sich leicht zersetzt, giesst man die geeignete Menge der Goldsolution allmälig in kleinen Quantitäten und stets schüttelnd zu einer gleichen Menge der andern Lösung hinzu. Dann legt man die aus der Lösung des unterschwefligsauren Natron, wie oben angegeben, herausgenommene Platte in einen schmalen Ring, durch dessen feinen Rand oder kleine Häkchen sie festgehalten wird. Der Ring selbst hat einen dünnen Stiel, welcher zu grösserer Bequemlichkeit an einem geeigneten leichten Stativ so befestigt ist, dass man ihn zum Untersetzen einer Weingeistlampe höher oder niedriger stellen und zugleic beliebig gegen den Horizont neigen kann. Die eingelegte Platte wird dann etwa 60^0 gegen den Horizont geneigt, mit Wasser abgespült, sofort horizontal gestellt und mit der vorher bereiteten Goldtinctur so stark bedeckt, dass nichts abläuft, etwa eine halbe Linie hoch. Wird dann eine Weingeistlampe darunter gehalten, so beginnt die Platte dunkler zu werden, auch zeigen sich wohl Flecke, worauf man die Erhitzung etwas unterbricht, bis die Platte sich wieder heller zeigt. Sofort erhitzt man die Platte stark, bis das Bild sich in auffallender Schönheit zeigt und alle Flecke verschwunden sind, worauf man der Platte die frühere Neigung giebt, sie mit destillirtem Wasser überschüttet, von oben nach unten allmälig fortgehend durch eine untergehaltene Weingeistlampe erhitzt, und dabei fortwährend mit dem Munde dagegen bläst, damit nirgends ein Rand des Wassers mit den ihm anhaftenden Theilchen zurückbleibt. Hat die Platte nicht die gehörige Schönheit oder auch wohl Flecke erhalten, so muss man sie abermals in den Rahmen legen und das angegebene Verfahren wiederholen. Die Wirkung dieses Verfahrens beruht darauf, dass das niedergeschlagene Gold das Silber dunkler, das mit dem Quecksilber verbundene fester macht. Die fertigen Bilder bringt man in einen Rahmen und bedeckt sie zum Schutz gegen Verletzung mit einer Glasscheibe.

Eine Hauptsache beim Daguerreotypiren ist die Wahl des gehörigen Lichtes, und diejenigen, welche sich mehr damit beschäftigen, haben hierauf vorzüglich zu achten. Inzwischen lassen sich hierfür keine bestimmten Regeln angeben, vielmehr muss die nöthige Fertigkeit durch Uebung erlangt werden.

Beabsichtigt man leblose Gegenstände zu copiren, z. B. Häuser, Kirchen, Felsen u. s. w., da dunkle Gegenstände, als Bäume und Landschaften, sich dazu nicht eignen, so bedarf man keines Zusatzes von Brom, weil der Lichteinfluss ohne Nachtheil mehrere Minuten dauern kann und der Standpunct sich so wählen lässt, dass jene Gegenstände stark beleuchtet sind, mithin das Bild sich bald erzeugt. In der Regel haben diese Gegenstände auch einen dunkeln Grund hinter sich oder sind gegen den Himmel projicirt, dessen leichte Wolken im Bilde gleichfalls wiedergegeben werden. Die Schwierigkeiten mehren sich ausnehmend, wenn man portraitiren will. Hierbei ist es unmöglich, dass eine Person die Gesichtszüge minutenlang nicht ändern, insbesondere aber sich des Blinzelns mit den Augen enthalten sollte, und daher ist entweder intensives Licht, oder ein Zusatz von Brom erforderlich, um den Process abzukürzen. Direct auffallendes Sonnenlicht darf man in diesem Falle nicht wählen, auch ist es nicht vortheilhaft, wenn dass zu portrairende Gesicht von verschiedenen Seiten her beleuchtet wird, weswegen ein Zimmer besonders dazu geeignet seyn muss; meistens aber wählt man einen Platz im Freien. Für diesen Zweck wird zugleich ein dunkler Hintergrund gewählt, wozu ein nicht allzu dunkles Grau am passendsten scheint [1].

Von verschiedenen Seiten wurde mitunter die Erzeugung farbiger Bilder bekannt gemacht, allein bis jetzt ist es nicht gelungen, die natürlichen Farben der Körper im Daguerrebilde wieder zu geben, auch dürfte dieses mit der Einwirkung des Lichts auf die Reagentien unverträglich seyn; das nachherige Auftragen der Farben aber steht auf gewisse Weise mit der Erzeugung der Daguerrebilder im Widerspruch. Vielfach hat man darauf gedacht, die erhaltenen Bilder durch ab-

---

1 Viele interessante und belehrende Resultate über das Verhalten der iodirten Platten in weissem und farbigem Lichte theilt L. Moser in Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 179 ff. mit. Anweisungen zur Daguerreotypie findet man in: Die Galvanoplastik für Künstler, Gewerbtreibende und Freunde der Numismatik u. s. w. von Charles Walker. Nach der 10. Aufl. mit Anm. von Ch. Heinr. Schmidt. Weim. 1843. Photogenische Künste. Gründlicher Unterricht über die Theorie und Praxis des Daguerrotypirens u. s. w. von G. T. Fischer. Mit Abbildungen. Leipzig, 1844.

drucken zu vervielfachen, und es wäre allerdings wünschenswerth, dieses zu erreichen. Neuerdings hat Fizeau[1] ein hierzu dienliches Verfahren vorläufig bekannt gemacht. Das Daguerrebild mit reiner Oberfläche wird in einer erhöheten Temperatur der Einwirkung einer Mischung aus Salpetersäure, salpetriger Säure und Chlorwasserstoffsäure ausgesetzt, die auf den schwarzen Stellen Silberchlorur erzeugt, ohne die weissen anzugreifen. Die hierdurch erzeugte Lage, welche die weitere Einwirkung der Säure hindert, lässt sich durch eine Auflösung von Ammoniak wegnehmen, worauf dann die nämlichen Stellen durch die Säure wieder angegriffen und tiefer geätzt werden. Weil aber die Aetzung dennoch nicht tief genug eindringt, so überzieht man die so behandelte Platte mit einem trocknenden Oel, z. B. Leinöl, nimmt dieses von den blank gebliebenen Stellen weg, vergoldet dann die Platte galvanisch, und da hierbei die geätzten Stellen wegen des anhaftenden Oels frei bleiben, so nimmt man Letzteres nachher mit kaustischem Kali weg und behandelt dann die Platte mit Salpetersäure, bis sie zum Abdrucken tief genug geätzt ist. Weil endlich das Silber zum Abdrucken nicht hinlängliche Härte besitzt, so versieht man die Platten zuletzt mit einem galvanisch erzeugten Kupferüberzuge.

Es ist oben bereits erwähnt worden, dass man seit längerer Zeit Papiere kennt, die durch den Einfluss des Lichts verändert werden. Seit der Erfindung der Daguerreotypie hat man vielen Fleiss darauf verwandt, solche Papiere und Zeuge, die dem Einflusse des stärkeren oder schwächeren Lichtes proportional verändert werden und daher die auf sie gefallenen Bilder wiederzugeben sich eignen, aufzufinden, auch scheinen einige Versuche dieser Art gelungen zu seyn, indess stehen die auf diese Weise erzeugten Bilder denen nach Daguerre's Verfahren gewonnenen weit nach, und man hat daher noch keine als sicher geltende Methode adoptirt, obgleich es möglich ist, dass auch diese Kunst künftig eine grössere Vollkommenheit erhält. Daguerre selbst empfiehlt schwach geleimtes Papier mit Salzäther, der mit der Zeit durch lang-

1 Compt. rend. T. XIX. p. 119. Ueber die älteren Verfahrungsarten s. **Galvanoplastik.**

same Zersetzung sauer geworden ist, zu tränken und an der Luft oder in gelinder Wärme trocknen zu lassen und dieses dann mit einer Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd in destillirtem Wasser zu tränken. Dieses Papier soll dann in völliger Dunkelheit und bei nur gelinder Wärme getrocknet und in einem Buche liegend gepresst werden, damit weder Licht noch Wärme darauf wirken. Wird dasselbe dem Eindrucke ungleich intensiven und ganz fehlenden Lichtes ausgesetzt, so entsteht eine der Intensität des Lichtes im auffallenden Bilde proportionale Färbung, das Salz lässt sich von den nicht veränderten Stellen durch destillirtes Wasser wegwaschen und man hat eine bleibende Zeichnung. Die Empfindlichkeit dieses Papiers nimmt mit der Zeit sehr merklich ab[1]. Verschiedene andere Zubereitungsarten des gegen Lichteindrücke empfindlichen Papiers haben namentlich auch DRAPER und HUNT angegeben[2].

Das Verfahren, Lichtbilder auf Papier zu erzeugen, hat dessen eigentlicher Erfinder TALBOT, welcher die Sache im Jahre 1828 zuerst bekannt machte, durch den Namen Kalotypie bezeichnet[3]. Er nimmt hierzu glattes, gleichmässig dickes, geleimtes Papier ohne Wasserzeichen, bestreicht es mittelst eines Pinsels auf einer Seite mit einer Lösung von 100 Gran krystallisirten salpetersauren Silberoxyds in 6 Unzen destillirten Wassers, trocknet es dann im Dunkeln langsam, bestreicht es auf der nämlichen Seite mit einer Lösung von 100 Gran Iodkalium in einer Pinte Wasser und trocknet es wieder, um es Monate lang im Dunkeln aufzuheben. Vor dem Gebrauche bereitet er eine Lösung von 100 Gran salpetersauren Silberoxyds in 2 Unzen destillirten Wassers und setzt 0,2 des Volumens starke Essigsäure hinzu. Gleichzeitig wird krystallisirte Gallussäure bis zur Sättigung in Wasser gelöst, von beiden Flüssigkeiten werden gleiche Volumina, so viel man jederzeit gebrauchen will, vermischt, und das Papier mit dieser Mischung bestrichen, dann nach etwa 30 Secunden abgewaschen und zwi-

1 Compt. rend. T. VIII. p. 246. Poggendorff Ann. Bd. XLVIII. S. 217.

2 Lond. and Edinb. Phil. Magaz. T. XVI.

3 Vergl. Some Account of the art of photogenic drawing. London 1839. 4.

schen Fliesspapier getrocknet, alles jedoch bei Kerzenlicht. Solches Papier bringt man in die Camera obscura, lässt es 1 bis 3 Minuten, je nach der Stärke des Lichts, in derselben, nimmt es heraus, und übergiesst es mit der zuletzt beschriebenen Flüssigkeit, worauf das Bild während des Trocknens im Dunkeln rasch hervortritt. Um es zu fixiren, wird es mit einer Auflösung von 100 Gran Bromkalium in 8 bis 10 Unzen Wasser gewaschen und nach 1 bis 2 Minuten wieder getrocknet. Die so erhaltenen Bilder sind negative, d. h. die vom Licht am stärksten getroffenen Stellen sind am dunkelsten, geben aber, wegen ihres Durchscheinens, leicht Copieen. Um diese zu verfertigen, wird das Bild über ein Stück Kalotyppapier, dann mit diesem auf ein Bret gelegt, mit einer klaren Glasscheibe bedeckt und dem Sonnenlichte ausgesetzt. Statt des Kalotyppapiers wendet Talbot hierbei auch mit salpetersaurer Silbersolution und nachher mit Kochsalzwasser getränktes Papier an. Die Bereitung des Kalotyppapiers nach Draper, Hunt, Vérignon und Andern übergehe ich, weil die Methoden zu sehr zusammengesetzt und die Resultate zu wenig werthvoll sind. Cooper bringt das Papier einige Minuten in eine siedende Lösung von chlorsaurem Kali, trocknet es und benetzt es auf einer Seite mit der genannten Silbersolution, Daguerre taucht es in Salzäther, welcher lange gestanden hat, trocknet es, taucht es in salpetersaure Silbersolution und trocknet es abermals im Dunkeln. Es ist anfangs sehr empfindlich. Das Verfahren Golding Bird's ist dem von Talbot angewandten sehr ähnlich. Am empfindlichsten und besten ist Brompapier. Man löst 100 Gran Bromkalium in 1 Unze destill. Wasser, taucht das Papier hinein, entfernt die Feuchtigkeit durch Fliesspapier und trägt, wenn es beinahe trocken ist, bloss auf eine Seite eine Auflösung von 100 Gran salpetersaurem Silberoxyd in 1 Unze Wasser. Im Dunkeln getrocknet wird es empfindlicher, wenn man es zum zweiten Male mit Silbersolution überzieht. Die mit Silber übertragene Seite muss vorher bezeichnet werden, um sie nicht mit dem Finger zu berühren.

Um auf diesem Papiere ein Lichtbild zu erzeugen, wird ein geeignetes Stück auf ein Bret, mit der präparirten Seite nach aussen, und die abzubildenden Gegenstände, als Schmetterlinge, Blätter, Kupferstiche, mit Firniss gedeckte und gravirte Glasplatten u. s. w., darüber gelegt, alsdann mit einer Glas-

scheibe bedeckt und den Sonnenstrahlen bis zur genügenden Schwärzung ausgesetzt. Alle die Stellen, welche völlig gegen den Einfluss des Lichts geschützt sind, bleiben unverändert; die vom durchgehenden Lichte getroffenen werden nach dem Verhältnisse seiner Intensität dunkler gefärbt. Das herausgenommene Papier wird dann in Salzwasser oder in eine Lösung von 25 Gran Iodkalium in 1 Unze Wasser getaucht, wodurch das unverändert gebliebene Chlorsilber weggenommen wird; am besten eignet sich hierzu die Auflösung von 1 Unze unterschwefligsauren. Natrons in 1 Pinte Wasser, in welche man das Papier taucht, nachdem man es vorher mit lauem Wasser gewaschen hat. Die so erzeugten Bilder sind eigentlich umgekehrte, sofern die dunkelsten Stellen weiss werden; will man sie wieder umkehren, so legt man sie abermals auf präparirtes Papier und wiederholt das angegebene Verfahren.

Talbot wendet zum Kalotypiren ein anderes, weit empfindlicheres und daher weit geeigneteres Papier an. Man löst, um es zu bereiten, 100 Gran krystallisirtes salpetersaures Silber in 6 Unzen Wasser auf und überzieht mittelst eines feinen Pinsels mit dieser Solution die eine bezeichnete Seite des Papiers. Wenn es beinahe trocken ist, taucht man es einen Augenblick in eine Solution von 500 Gran Iodkalium in 1 Pinte Wasser, wäscht es mit destillirtem Wasser, lässt es abtröpfeln und trocknet es im Dunkeln. Dieses iodirte Papier ist wenig empfindlich und lässt sich lange aufbewahren. Dann löst man 100 Gran krystallisirtes, salpetersaures Silber in zwei Unzen Wasser, zu dem der sechste Theil seines Volumens (2⅔ Drachmen) starke Essigsäure gesetzt ist, und bewahrt diese Solution sorgfältig gegen das Licht geschützt in einer gläsernen Flasche; ausserdem bereitet man eine gesättigte Auflösung von Gallussäure in kaltem Wasser und bewahrt auch diese für sich. Will man ein Bild erzeugen, so giesst man gleiche Mengen beider Solutionen in kleinen Quantitäten zusammen und überzieht mittelst eines feinen Pinsels die bezeichnete Seite des iodirten Papiers damit bei Kerzenlicht, am sichersten, wenn dieses durch ein gelbes Glas fällt, um jeden zersetzenden Einfluss zu verhüten. Eine halbe Minute nachher taucht man das Papier ins Wasser, lässt es abtröpfeln, nimmt die überflüssige Feuchtigkeit mittelst Fliesspapiers weg, und das Papier ist zum Versuche fertig. Es be-

sitzt eine grosse Empfindlichkeit, so dass sich in einer Minute ein Lichtbild in der Camera obscura auf demselben erzeugen lässt, doch hängt die Zeit von der Art des abzubildenden Gegenstandes und der Intensität des Lichtes ab. Ist das Papier aus der Camera mit Vermeidung des Lichteinflusses herausgenommen, so wird es in der angegebenen, vereinten Solution gewaschen, und dann erwärmt, am besten in einem flachen Gefässe, welches in heissem Wasser steht, wodurch das Bild allmälig in kurzer Zeit sichtbar hervortritt, indem die durch das Licht afficirten Stellen dunkel hervortreten. Um es zu fixiren, taucht man es in Wasser, trocknet es mit Fliesspapier und wäscht es in einer Solution von 100 Gran Bromkalium in 10 Unzen Wasser, minder vortheilhaft in einer gesättigten Kochsalzsolution, wäscht es abermals mit Wasser und trocknet es. Diese Bilder lassen sich umkehren und vervielfachen, wenn man sie nach dem angegebenen Verfahren auf photographisches Papier legt und dem Lichte aussetzt. Ist es hierdurch nach und nach schwächer geworden, so kann man es wieder herstellen, wenn man es abermals in die angegebene gemischte Flüssigkeit taucht und nach der hierfür ertheilten Vorschrift weiter verfährt, so dass sich das Bild sehr vervielfältigen lässt.

Das Chrysotypiren ist eine kaum bemerkenswerthe, von J. Herschel aufgefundene Abart des Kalotypirens, welche davon den Namen erhalten hat, dass das dazu verwandte Papier mit einer Goldsolution präparirt wird. Dasselbe wird nämlich in einer Auflösung des citronensauren Eisenoxydul-Ammoniaks gewaschen, dann getrocknet und mit einer Auflösung von Kalium-Eisen-Cyanid überstrichen. Nach dem Trocknen im Dunkeln wird es auf die gewöhnliche Weise zur Erzeugung der Bilder benutzt, die dann durch eine neutrale Goldsolution zum Vorschein kommen, statt deren man auch, wie Herschel später fand, eine Silbersolution verwenden kann. Eine gleiche Bewandniss hat es mit dem Cyanotypiren oder Ferrotypiren, weil eine Verbindung von Eisen und Cyan angewandt wird, um blaue Bilder zu erhalten. Zu diesem Ende trägt man eine starke Auflösung von citronensaurem Eisenoxydul-Ammoniak mittelst eines Pinsels auf das Papier, lässt auf die angegebene Weise das Licht darauf wirken und benetzt es dann spärlich und gleichmässig mit einer Auflösung des gewöhnlichen gelben Kalium-Eisen-Cyanürs, wodurch das negative Bild

in ein positives von violetter Farbe auf einem grünlich gelben Grunde übergeht. Anthotypiren geschieht nach HERSCHEL, wenn man Lichtbilder auf Papier erzeugt, welches mit dem geistigen Extracte irgend eines Pflanzenfarbestoffes imprägnirt ist.

HUNT wendet statt der plattirten Platten auch Papier zum Daguerreotypiren an, allein das Verfahren ist schwieriger und minder sicher, wenn gleich die erzeugten Bilder sehr schön seyn sollen. Schwerlich werden sie diejenigen übertreffen, welche namentlich VOIGTLÄNDER gegenwärtig erzeugt. Inzwischen behauptet HUNT [1], eine gewisse Bereitung des Papiers aufgefunden zu haben, die sich leicht bewerkstelligen lässt und ein Präparat liefert, welches auf längere Zeit in einer Mappe aufbewahrt sofort zur Erzeugung negativer Bilder tauglich ist, die dann zum Copiren und Erzeugen positiver sich eignen. Gutes, nicht streifiges Briefpapier wird mit einer Lösung von 2 Drachmen Bernsteinsäure, 0,5 Drachmen arabischem Gummi und 1,5 Drachmen Wasser überstrichen und getrocknet, dann mit einer Auflösung von 1 Drachme salpesersaurem Silber in 1 Unze Wasser getränkt und im Dunkeln getrocknet, worauf man es in einer Mappe aufbewahren kann. Binnen 2 bis 8 Minuten erzeugt sich im Sonnenschein das Bild in der Camera obscura. Nach dem Herausnehmen des dann noch weissen Papiers wird es mit einer gesättigten Lösung von 1 Drachme Eisenvitriol im Wasser verbunden mit 2 bis 3 Drachmen Gummiwasser mittelst einer weichen Bürste überstrichen, wodurch das Bild zum Vorschein kommt. Dieses muss im Schatten geschehen; man nimmt das schwefelsaure Eisen mittelst eines Schwammes weg, reinigt das Papier mit Wasser, überzieht es, um das Bild zu fixiren, mit Ammoniak oder einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron und wäscht es endlich mit reinem Wasser. Im Ganzen kann man dieses Verfahren weder kurz noch leicht nennen, und auf jeden Fall muss das Papier sehr dauerhaft seyn, wenn es alle diese Processe aushalten soll, ohne durch ungleiches Zusammenschrumpfen die Bilder zu verzerren. HUNT giebt diesem Verfahren abermals einen neuen Namen, nämlich Energiatypie.

Die allgemeine Bekanntwerdung der eben beschriebenen

---

5 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. CLXII. T. XXIV. p. 544.

Erfindung DAGUERRE's hatte eine andere zur Folge, die gleichfalls kurz erwähnt zu werden verdient. So wie das Licht chemische Wirkungen erzeugt, die seiner Intensität proportional sind, glaubte MOSER gefunden zu haben, dass ein unsichtbares Licht diesen ganz gleiche Erscheinungen hervorbringe. Allerdings streitet es gegen das in der Natur wohl allgemein herrschende Gesetz der Stetigkeit, wonach die Wirkung der Ursache proportional zu seyn pflegt, anzunehmen, dass die Intensität des Lichteinflusses mit seiner Verminderung abnehmen, ganz verschwinden und bei fortdauernder Abnahme wieder hervortreten solle, wie denn überhaupt der Begriff eines unsichtbaren Lichtes einen innern Widerspruch einzuschliessen scheint. Wenn das Licht, die Schwingungen des Lichtäthers, überall den Sehnerv nicht mehr zu afficiren vermögen, so scheint damit der Begriff, den wir uns vom Wesen des Lichts gebildet haben, aufzuhören, und wenn wir dennoch Erscheinungen gewahren, die denen durch Licht erzeugten ähnlich oder wohl gar mit ihnen identisch sind, so liegt es wohl näher, irgend eine andere sie erzeugende Kraft anzunehmen, als ein unsichtbares, also seiner Wesenheit beraubtes Licht. Wirklich wurde auch sehr bald dargethan, dass die dem unsichtbaren Lichte beigelegten Wirkungen durch andere Kräfte hervorgerufen wurden.

Uebergehen wir das, was LUDWIG MOSER, der Entdecker des vermeintlichen unsichtbaren Lichtes, zur näheren Bezeichnung desselben und zur Nachweisung seiner Existenz und anderweitigen Wirksamkeit beibringt, so beruht die ganze Sache auf folgenden Versuchen. Die bekannte Thatsache, dass eine Glastafel, auf welcher man mit einer beliebigen Substanz geschrieben und die man dann gereinigt hat, beim Behauchen die Schriftzüge zeigt, dehnte er unter vielfachen Modificationen auf die verschiedensten Körper und Dämpfe aus, und gründete hierauf die Folgerung: „wenn eine Oberfläche an einzel-„nen Stellen von irgend einem Körper berührt wor-„den ist, so hat sie die Eigenschaft erhalten, alle „Dämpfe, die überhaupt an ihr adhäriren oder mit „denen sie eine chemische Verbindung eingeht, „an diesen Stellen anders als an den unberührten „Stellen zu condensiren." Unter andern, für wichtig gehaltenen Versuchen iodirte MOSER eine Silberplatte bei Nacht und sogar ohne Kerzenlicht, legte dann eine vertieft geschnit-

tene Achatplatte, eine gravirte Metallplatte, einen Hornring u. s. w. darauf, brachte sie dann in die Quecksilberdämpfe und sah hierdurch die Figuren deutlich zum Vorschein kommen. Eine auf ähnliche Weise behandelte Platte zeigte gleichfalls Bilder, nachdem sie dem Tageslichte ausgesetzt worden war. Hierauf wird die Folgerung gegründet, dass die Berührung gleiche Wirkungen erzeuge, als das Licht. Um blosse sehr grosse Annäherung der wirklichen Berührung, die übrigens bei manchen Versuchen nicht im strengsten Sinne stattgefunden haben konnte, zu substituiren, wurden auf eine mit vielen Figuren gravirte Achatplatte schmale Glimmerstreifchen und auf diese die Silberplatte gelegt, so dass der Abstand 0,2 Lin. betrug und man bequem zwischen beiden durchsehen konnte. Als die Achatplatte nach einigen Stunden den Quecksilberdämpfen ausgesetzt war, zeigten sich alle auf der Achatplatte befindliche Figuren deutlich. Auf die Resultate dieser und vieler anderer, mehrfach modificirter Versuche gründete Moser den Schluss, dass man jeden Körper für einen selbstleuchtenden, d. h. unsichtbares Licht ausstrahlenden, halten müsse[1].

Moser hat in späteren Abhandlungen diese Ansicht nicht abgeändert, sondern nur modificirt und erweitert. Hiernach soll es ein latentes Licht, wie eine latente Wärme geben, wobei wohl übersehen ist, dass die latente Wärme, so lange sie nicht zur freien übergeht, keine Wirkungen hervorbringt, obwohl sie den Körper in dem einmal angenommenen Zustande erhält. Das latente oder unsichtbare Licht soll ferner gewisse Farben haben, die aus der eigenthümlichen Art seiner Wirkungen, verglichen mit denen durch sichtbares farbiges Licht hervorgerufenen, gefolgert werden[2]. Wenn dieses zur Annahme der Gleichheit der Licht- und Wärmestrahlen zu führen scheint, so erklärt sich doch Moser entschieden hiergegen, und hat zur Unterstützung dieser Ansicht einige allerdings der Beachtung werthe Thatsachen aufgestellt. Dahin gehören die scharfen Umrisse der Daguerrebilder im Gegensatze der allseitigen Ausbreitung der Wärme, die geringe chemische Wirksamkeit

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 177. 569.
2 Ebendas. Bd. LVII. S. 1.

der rothen Strahlen, die dennoch die grösste Wärme geben, und die chemische Wirksamkeit der Mondstrahlen. In eine kleine Camera obscura mit einer Linse von 7 Lin. Durchmesser wurde eine mit Chloriod-Dämpfen präparirte Platte gebracht und auf den Mond gerichtet. Nachdem dieser vorübergegangen und die Platte den Quecksilberdämpfen ausgesetzt war, zeigte sich deutlich die Mondbahn. Dass endlich die Wärme diejenigen chemischen Veränderungen nicht hervorbringe, welche das Licht erzeugt, war längst bekannt und wird durch das Verhalten des Silberiodids bestätigt[1].

Noch neuerdings hat übrigens MOSER die Behauptung, dass im Quecksilberdampf latentes Licht vorhanden sey, vertheidigt und durch folgenden Versuch unterstützt. Wird eine bis zum ersten Gelb iodirte Silberplatte über einer Weingeistlampe etwa eine Minute lang erhitzt, so wird das Iodsilber erst dunkler, dann milchweiss. Diese weisse Substanz ist sehr empfindlich gegen das Licht, wird darin stahlgrau und darf daher dem direct auffallenden nicht ausgesetzt werden. Nachdem sie erkaltet, bringt man sie hinter einem ausgeschnittenen Schirme, der bis zu einer Linie von ihr abstehen kann, über bis 60° R. erhitztes Quecksilber, lässt dieses bis 30° erkalten, und findet sie dann überall, wo Quecksilber hinkam, stahlgrau angelaufen, mithin gerade so, als ob sie mit dem ausgeschnittenen Theile des Schirmes den Lichtstrahlen ausgesetzt gewesen wäre. Der Quecksilberdampf, sonst weiss, erzeugt hier durch sein latentes Licht die graue Farbe. — Schwerlich dürfte aber dieser Beweis als ein genügender zur Annahme eines latenten Lichtes dienen, denn man hat es hierbei nicht mit den an sich weissen Quecksilberdämpfen, sondern mit solchen zu thun, die sich mit Iodsilber verbunden haben[2].

Die neue Entdeckung erregte allgemeine Aufmerksamkeit und es wurden bald ähnliche Erscheinungen erzeugter Bilder aufgefunden. BREGUET hatte oft bemerkt, dass die Inschriften der Namen der Uhrmacher auf dem feinen Deckel des Uhrwerkes auf der blanken Innenfläche des Gehäuses sich deutlich abbilden, und OERTLING erwähnte, dass die Messingplatten,

1 Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 105.
2 Ebendas. Bd. LIX. S. 48.

in denen die mit parallelen Flächen zu schleifenden Gläser liegen, mit Löchern versehen zu seyn pflegen, deren Bilder dann oft ohne Weiteres, auf jeden Fall aber beim Anhauchen, sichtbar werden[1]. Nach der Angabe von MOSER selbst gelangte RAUCH in den Besitz einer Glasscheibe, welche unangerührt 14 Jahre vor einem Kupferstiche gesessen hatte, und bemerkte, dass ein Bild des letzteren auf ihr sichtbar war[2]. Ich selbst besitze ein kleines geschliffenes Trinkglas von feinem Glase, welches ungefähr in der Mitte von einem ziemlich scharf begrenzten, zwei Linien breiten, hellblauen Ringe umgeben ist, der sich auf keine Weise wegwaschen lässt. Bei Gelegenheit meiner Versuche über die Ursache der Färbungen alter Fensterscheiben habe ich mittelst der Anwendung von verdünnter salpetersaurer Silbersolution eine Menge Figuren und Schriftzüge von verschiedener Färbung auf Spiegelglasscheiben erzeugt und die gelungensten Exemplare der Societät zu Harlem übersandt. Solche feine, aber ohne alles Anhauchen sehr deutlich sichtbare Ueberzüge sitzen durch Adhäsion so fest, dass nur angreifende Polirmittel sie zu entfernen vermögen; sie erhalten auf Glas zuweilen eine bedeutende Dicke, so dass sie dann abschilfern, erzeugen sich aber auch auf sonstigen polirten Flächen der verschiedensten Körper. Das interessanteste Beispiel ist ohne Zweifel das der wunderthätigen Glasscheibe von Absam in Tyrol, wovon MARX aus einem Werke[3] Nachricht giebt, und wovon ich selbst bei meinem Aufenthalte in diesem Lande im Jahre 1828 viel reden hörte. Es zeigte sich zufällig auf einer Fensterscheibe ein durch Waschen nicht zu entfernendes Marienbild, welches noch jetzt für wunderthätig gilt, und manche Bewohner Tyrols aus den untersten Classen sind nicht damit zufrieden, dass die höheren Behörden es hierfür nicht gelten lassen. Die Untersuchung hat aber herausgestellt, dass keineswegs ein Betrug zum Grunde liegt, dass aber der Glaser diese Scheibe aus einem Vorrath alter, von ihm angekaufter, eingesetzt hat, auf welcher ohne Zweifel früher ein vergoldetes Marienbild gemalt war, wie man diese häufig findet. Aehnliche Bilder auf einer alten Glasscheibe entdeckte auch MEISTER zu Freysing,

---

1 Compt. rend. T. XV. p. 450. Poggendorff Ann. Bd. LVII. S. 320.
2 Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 108.
3 Das Land Tyrol. Bd. I. S. 402.

und es würden sicher noch viel mehr aufgefunden werden, wenn es der Mühe werth wäre, solche leicht erklärliche Erzeugnisse jederzeit bekannt zu machen [1].

Bald nach der Bekanntwerdung der Moser'schen Entdeckung im Anfange des Jahres 1843 wurden in öffentlichen Blättern Nachrichten von der Erfindung von Wärmebildern bekannt gemacht, wonach sich also die Thermographie der doppelten Photographie mit sichtbaren und unsichtbaren Lichtstrahlen anschloss. Der Erfinder dieser neuen Kunst ist Knorre, Professor in Kasan, und wenn man das Wesentlichste der Sache kurz zusammenfasst, so läuft dieses auf folgende Hauptsätze hinaus. Es giebt zweierlei Arten von Bildern, die der ersten Art oder die Moser'schen, und die der zweiten Art, die von ihm erfundenen oder thermographischen, die er indess beide vom Einfluss der Wärme abzuleiten geneigt ist, indem er zwar die Nichtexistenz eines dunkeln Lichtes zu beweisen sich nicht getraut, für sich aber das Vorhandenseyn derselben bezweifelt. Die Bilder der ersten Art entstehen durch Berührung oder Annäherung der Körper bis zu unmessbarer Entfernung, wobei jedoch die Wärme gleichfalls nicht ohne Einfluss ist, denn bei 0^0 C. constanter Temperatur der Platten und der abzubildenden Körper erfolgt die Abbildung langsam, unsicher und ist überhaupt zweifelhaft, wurden aber Platten und Körper bei -18^0 und -23^0 R. 6, 12 und 20 Stunden in Berührung gelassen, so erzeugten Ioddämpfe keine Figuren, obgleich diese bei gleichen Präparaten, die in einer Temperatur von ungefähr 15^0 hergestellt waren und dann in die nämliche Kälte gebracht wurden, nach der nämlichen Zeit selbst durch den Hauch kenntliche Bilder zeigten. Die zur Erzeugung thermographischer Bilder dienenden Platten müssen polirt seyn, können aber den verschiedensten Körpern angehören, obgleich polirte Metallplatten, namentlich kupferne, sich am besten dazu eignen, und ebenso können die aufzulegenden, mit Figuren versehenen Körper aus Steinen, Glasarten und Metallen bestehen, wenn sie nur der jedesmal erforderlichen, übrigens zwischen sehr weite Grenzen eingeschlossenen Temperatur widerstehen. Der Methoden des Thermographirens giebt es fünf, die sich im Grunde nicht wesentlich von einan-

1 Poggendorff Ann. Bd. LIX. S. 636.

der unterscheiden. 1) Beide Körper, die polirte Platte und der abzubildende, wir wollen allgemein sagen graphirte, Körper, werden auf einander gelegt und gemeinschaftlich erhitzt; 2) beide werden erhitzt, zusammengelegt und durch Auflegen auf kaltes Eisen schnell abgekühlt; 3) beide werden nach der Vereinigung bis 60° R. erwärmt und gehen dann auf gewöhnliche Weise wieder bis zur mittleren Temperatur herab; 4) beide Körper werden nach der Erhitzung vereint und dann noch weiter erhitzt, und endlich 5) der abzubildende Körper wird bis zu den Grenzen, die zwischen der Temperatur des siedenden Wassers und der des gelbanlaufenden Stahls liegen, erhitzt und auf die kalte Platte gelegt, worauf binnen 8 bis 15 Minuten die Figuren entstehen. Knorre bestreitet die Ansicht, als ob bei diesen Processen Theilchen des einen Körpers zum andern, und zwar mit qualitativen oder quantitativen Unterschieden der vertieften oder erhabenen Stellen des graphirten Körpers, übergeführt würden, und betrachtet die Resultate vielmehr als eigenthümliche Wirkungen der Wärmestrahlen [1].

Nicht sowohl als neue Erfindung, sondern vielmehr als Wiederholung bekannter Thatsachen hat Robert Hunt eine Menge Versuche bekannt gemacht, die zur Classe der eben erwähnten gehören. Nächste Veranlassung hierzu gab eine Aeusserung Draper's im Septemberhefte des Lond. and Edinb. Phil. Magaz. von 1840, wonach man auf eine sehr kalte Glasscheibe oder einen Metallspiegel einen Gegenstand, z. B. ein Stück Metall, legen, die Platte anhauchen, dann den Gegenstand vorsichtig abheben und die Platte abermals anhauchen soll, um selbst mehrere Tage anhaltend ein deutliches Bild zu erhalten, wovon er die Ursache in einer gewissen geheimnissvollen Moleculaeänderung der gebrauchten Platten findet. Diese Versuche wiederholte Hunt, indem er namentlich Münzen und Medaillen auf polirte Platten legte, letztere erhitzte, nach Wegnahme der aufliegenden Körper den Quecksilberdämpfen aussetzte und deutliche Figuren entstehen sah. Die Anwendung des elektrischen Stromes und der Flaschenschläge zeigten keine Wirkung bei Münzen, die auf einer versilberten Kupferplatte lagen; nach Wegnahme des Silbers aber kamen durch Erwärmung der

1 Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 320 und 563.

Platte und starke Flaschenschläge kenntliche Figuren zum Vorschein. DRAPER nahm die oben bereits erwähnten Versuche, Kupferstiche auf iodirtem Papiere durch Anwendung künstlicher Wärme zu copiren, wofür er den Namen Thermographie erfunden hatte, wieder auf, legte Druckschrift auf eine wohl polirte Kupferplatte, und fand nach Anwendung der Quecksilberdämpfe die Umrisse sehr getreu auf das Metall übergetragen. Die genügendsten Resultate gab folgendes Verfahren. Eine gut polirte Kupferplatte wird mit salpetersaurem Quecksilber abgerieben und rein abgewaschen, nach dem Trocknen aber durch Auftragen von etwas Quecksilber mittelst Leder spiegelhell gerieben. Auf diese Fläche legt man das zu copirende Blatt, einige Lagen weiches, reines Papier darüber und drückt dasselbe durch eine Scheibe Spiegelglas oder Metall genau an. In diesem Zustande bleibt das Präparat etliche Stunden, doch wird diese Zeit beträchtlich abgekürzt, wenn man die Platte von unten gelind erwärmt, ohne das Quecksilber zum Verdampfen zu bringen. Setzt man demnächst die Platte den langsam entwickelten Quecksilberdämpfen aus, so erscheint nach wenigen Secunden das Bild, indem der Quecksilberdampf diejenigen Theile angreift, welche den weissen Theilen des bedruckten Papiers zugehören. Nimmt man demnächst die Platte aus dem Quecksilberkasten und setzt man sie in einem andern den Ioddämpfen nur kurze Zeit aus, so greifen diese die vom Quecksilberdampf freigelassenen Stellen an und schwärzen sie, wodurch man eine schwarze Copie der bedruckten Stellen des Papiers auf grauem Grunde erhält[1].

MOSER erklärt sich über die eben erwähnten Versuche, und rügt zuerst, dass ROBERT HUNT sich für den Erfinder von Erscheinungen ausgegeben habe, die von ihm selbst schon früher bekannt gemacht worden seyen. Inzwischen ist dieser Vorwurf ungegründet, denn der Britte sagt ausdrücklich, dass er zu seinen thermographischen Versuchen durch die Bekanntmachung gewisser Erscheinungen veranlasst worden sey, die sein Landsmann DRAPER anscheinend zufällig beobachtete und fast zwei Jahre früher der Oeffentlichkeit übergab; ausserdem aber bemerkt er ausdrücklich, dass MOSER beschäftigt sey, diese neue Classe wich-

1 Lond. and Edinb. Philos. Mag. T. XXI. p. 462. Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 326.

tiger Erscheinungen weiter zu verfolgen. MOSER bestreitet, dass die durch HUNT und KNORRE erzeugten Bilder der Wärme ihren Ursprung verdanken, allein er übergeht dabei die negativen Resultate, welche KNORRE bei Temperaturen unter dem Gefrierpuncte erhielt, und diesemnach ist seine Widerlegung um so weniger vollständig, je hypothetischer die von ihm angenommenen unsichtbaren Lichtstrahlen sind; denn Wärme, die bei einer kaum zu vermeidenden Ungleichheit der Intensität jederzeit um so mehr von einem Körper zum andern übergeht, je grösser der Unterschied der Temperaturen beider ist, war offenbar bei allen beschriebenen Versuchen vorhanden. Wenn aber bei tiefen Kältegraden wirklich keine Bilder erzeugt werden, so ist die Folgerung kaum abzuweisen, dass Wärme von gewisser Intensität zu ihrer Erzeugung unerlässlich sey, woraus dann weiter gefolgert werden könnte, dass MOSER zwar die Summe der zum Theil schon bekannten Thatsachen bedeutend erweitert, KNORRE aber die eigentliche Ursache derselben aufgefunden habe. So viel scheint wohl unzweifelhaft, dass diejenige Kraft, welche die Erzeugung der beschriebenen Bilder bewirkt, durch Wärme merklich verstärkt werde, schwerlich aber werden die dunkeln Lichtstrahlen MOSER's, noch weniger aber die von DRAPER vermeintlich aufgefundenen tithonischen Lichtstrahlen, die ausser den leuchtenden, wärmenden und chemischen von leuchtenden und sogar auch dunkeln Körpern ausgehn sollen, sich des Beifalls der Physiker erfreun [1]. Um die Stärke der indigo-tithonischen Lichtstrahlen zu messen, hat DRAPER später einen eigenen Apparat, Tithonometer genannt, erfunden [2].

Mehrere französische Gelehrte, unter denen vorzugsweise FIZEAU genannt werden kann, wiederholten sofort nach der Bekanntwerdung der neuen Entdeckung die von MOSER angegebenen Versuche und erhielten im Ganzen ähnliche oder gleiche Resultate, leiteten diese aber mit entschiedener Verwerfung eines unsichtbaren latenten Lichts von einem auf den

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LIX. S. 155. HUNT's Vertheidigung gegen MOSER in Lond. and Edinb. phil. Magaz. T. XXIII. p. 415.

2 S. ebend. p. 401 und die neuesten Untersuchungen ebend. N. CLXIII. T. XXV. p. 1. N. CLXIV. T. XXV. p. 103.

meisten Körpern vorhandenen, namentlich auch aus der Luft abgegebenen Schmutze her. Hierzu berechtigt hauptsächlich der Umstand, dass die nämlichen Körper, wenn sie wiederholt zur Erzeugung der Moser'schen Bilder verwandt wurden, je nach ihrer Härte oder Lockerheit und dem hierdurch bedingten stärkeren Festhalten der anklebenden Substanzen, zunehmend schwächere Bilder erzeugten und zuletzt ganz unfähig wurden [1]. MOSER stellt an FIZEAU, dessen und DAGUERRE'S Einwürfe allein ihm bis dahin bekannt gewesen zu seyn scheinen, die Forderung, er möge die Versuche wiederholt mit Körpern anstellen, auf denen sich kein Schmutz befinde, und zugleich unter den von ihm, MOSER, angegebenen Bedingungen, um von der Hypothese eines vorhandenen Schmutzes zurückzukommen [2]. Inzwischen bleiben alle französische Gelehrte, die seitdem die neue Entdeckung prüften, der durch FIZEAU aufgestellten Hypothese getreu, und eine absolut genügende Widerlegung derselben ist auch durchaus unmöglich. Jedes Reinigen der Körper geschieht durch Abwischen oder Abwaschen, wobei in Folge der Adhäsionsgesetze von den berührenden Substanzen unmessbar kleine Theilchen nicht bloss zurückbleiben können, sondern sogar wohl müssen; nicht zu gedenken, dass jeder der Luft frei ausgesetzte Körper nach längerer Zeit einen sehr leicht wahrnehmbaren, mitunter starken Schmutzüberzug erhält, welcher wohl unmessbar dünn seyn muss, dennoch aber füglich ebenso gut gewisse Wirkungen hervorbringen kann, als der gleichfalls unmessbar dünne Iodüberzug. Von diesen Ansichten geht auch Dr. ERDWIN WAIDELE aus, welcher in einem ausführlichen Aufsatze durch viele Versuche nachweist, dass namentlich die von allen Körpern absorbirten Gase einen bedeutenden Einfluss auf die Erzeugung der Daguerrebilder haben und den Moser'schen Bildern ursächlich zum Grunde liegen [3]. Allerdings stellt MOSER diesen Einwendungen das Argument entgegen, dass es der unmittelbaren Berührung zur Erzeugung seiner Bilder nicht bedürfe, indem diese vielmehr auch nach einer Annäherung bis zu einer geringen, aber noch messbar

---

1 Compt. rend. T. XV. p. 896. T. XVI. p. 397. Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 592.

2 Poggendorff Ann. Bd. LX. S. 40.

3 Ebend. Bd. LIX. S. 255.

bleibenden Entfernung zum Vorschein kommen. Allein auch dieses ist ungenügend. Denn einmal ist noch nicht ermittelt, bis zu welcher Entfernung sich die Adhäsionskraft erstreckt, sofern es sich um unmessbar geringe Wirkungen derselben handelt, zweitens kann der atmosphärische Schmutz füglich ebenso gut auf geringe messbare Entfernung wieder abgegeben werden, als er aus unbestimmbarer Entfernung aufgenommen wird, und drittens endlich trifft das Argument die Wirkung der absorbirten Gase nach WAIDELE'S Hypothese gar nicht, vielmehr würde diese sowohl, als auch die der französischen Gelehrten, einen allerdings gewichtigen Beweis aus dem nach KNORRE'S und Anderer Versuchen unabweislichen Einflusse der Wärme hernehmen und die Moser'sche Photograhpie würde somit zur Thermographie übergehen.

Eine kurze Erwähnung verdienen die durch Elektricität erzeugten Bilder, die sich den bisher beschriebenen anreihen und einen neuen Zweig, die Elektrographie, geben. Man kennt schon seit LICHTENBERG die nach ihm benannten Figuren, und weiss aus noch früherer Zeit, dass elektrische Ströme, welche aus unterbrochenen Leitern über Glas, selbst auch blanke Metallflächen, hinstreichen, sichtbare Spuren nachlassen. Die nächste Veranlassung zur Wiederaufnahme dieses Gegenstandes gab eine Aeusserung von P. RIESS [1], welcher durch Behauchen der von elektrischen Funken getroffenen Stellen Figuren entstehen sah, die er elektrische Hauchfiguren nannte. Hierdurch bewogen stellte G. KARSTEN eine grosse Reihe von Versuchen an, indem er Medaillen, Münzen, Petschafte u. s. w. auf Nichtleiter der verschiedensten Art, die auf einer leitenden Platte ruhten, oder durch ein geöltes Papier getrennt, auf Leiter legte, mehrere Hunderte von elektrischen Funken darauf schlagen liess und dann durch Behauchen sehr kenntliche und zugleich feste, selbst durch Abreiben nicht verschwindende Figuren entstehen sah. Auch Iod- und Quecksilberdämpfe konnten angewandt werden, jedoch mit minder sicherem Erfolge. Ueber die Aetiologie dieser Erscheinungen spricht sich KARSTEN nicht bestimmt aus, wahrscheinlich weil er die Ursache in zu grosser Ferne sucht [2]. Wenn man aber berücksichtigt, dass

1 Repert. d. Ph. Bd. VI. S. 180.
2 Poggendorff Ann. Bd. LVII. S. 492. Bd. LVIII. S. 115.

beim Zuführen der Elektricität auf Nichtleiter in diesen jederzeit beide Elektricitäten aus dem natürlichen Zustande des Gebundenseyns beider zur Neutralität getrennt werden, indem der genäherte Leiter die der seinigen entgegengesetzte aufnimmt, seine eigene aber mittheilt, während die dieser gleichnamige auf der abgewandten Seite abgeführt und die entgegengesetzte aufgenommen wird, dass eine dieser ähnliche Trennung auch bei leitenden Körpern stattfindet, dass die in so zahlreichen Funken mitgetheilte Elektricität nothwendig chemische Wirkungen äussern muss, wenn KARSTEN auch keine Röthung des Lakmuspapiers wahrnahm, und dass endlich die elektrischen Funken alle in ihrer Nähe befindlichen Staubtheilchen anzuziehen pflegen, wie sich sehr auffallend zeigt, wenn man einen Funken auf einen fein bestäubten Körper schlagen lässt, dann bedarf es in der That der Mühe nicht, nach irgend einem neuen Agens zu forschen, um die angegebenen Thatsachen zu erklären. Man kann übrigens leicht einen hieran sich schliessenden interessanten Versuch machen. Legt man nämlich auf eine lackirte Metallplatte oder auf eine auf Metall ruhende dünne und glatte Scheibe guter Elektrophorsubstanz eine Münze oder eine Medaille und führt dieser einen nach Umständen stärkeren oder schwächeren elektrischen Funken zu, so zeigt sich beim Bepudern, am besten mit einer Mengung aus gleichen Theilen Mennige und Bärlapsamen dem Volumen nach aus einem leinenen Säckchen, eine die Zeichnung des aufgelegten Gegenstandes darstellende Figur.

Zus. **Daltonismus** gebrauchen PREVOST, WARTMANN u. A. statt **Achrupsie.**

Dammerde. II. 278. III. 1093.

Dampf. Unterschied von Dunst. II. 279. von Gas. 280. X. 1142. gesättigter oder im Maximum der Dichtigkeit. II. 282. sind seine Molecüle mit Wärmesphären umgeben? 284. PARROT's physischer, chemischer und Bläschendampf. 285. latente Wärme des Wasserdampfes. 287. sonstiger Dämpfe. 291. allgemeinas Gesetz, wonach die latente (d. h. die zur Bildung desselben, von 0° C. anfangend erforderliche) Wärme, also die Summe der eigentlich latenten und der sensibeln Wärme der Dämpfe bei allen Temperaturen gleich ist. 293 ff. 299. 313. Wärmemenge, welche durch Verdichtung desselben frei wird. 301. Verhältniss des Brennmaterials zur erzeugten Menge des Dampfes. 306. Elasticität der Dämpfe. 314. Beispiele von Explosionen. 315. Elasticität des Wasserdampfes. 316. Versuche von WATT. 317. BETANCOURT. 319. G. G. SCHMIDT. 322. BIKER und ROUPPE 325.

---

1 Die in Frankreich für die Prüfung der Dampfkessel bestehenden Ordonnanzen finden sich in Ann. des Mines. 1830. T. VIII. p. 109.

daher gleiche Dichtigkeit als diese hat. Wird dann das im andern Schenkel befindliche Quecksilber durch einen Embolus herabgedrückt, so entweicht ein Theil der Luft aus dem Gefässe, bis das aufsteigende Quecksilber die Spitze der Steigröhre erreicht und dadurch das erforderliche Luftvolumen absperrt. Durch weiteres Niederdrücken des Embolus wird das Luftvolumen comprimirt, bis seine Oberfläche eine für diesen Zweck angebrachte Stahlspitze erreicht, und die Höhe der Quecksilbersäule im Steigrohre, welche einem aliquoten Theile der Compression zugehört, zeigt durch die Proportionalität dieser Grösse die absolute Grösse des atmosphärischen Druckes. Es lassen sich leicht mehrere Messungen in kurzer Zeit wiederholen, wodurch man die Fehlergrenze vermindert; auch ist eine empirische Graduirung der Scale nicht schwierig. Zu diesem Ende bezeichnet man die Höhe, welche das Quecksilber in der Steigröhre erhält, wenn diese vorher der Länge des Instrumentes angemessen ist, was sich leicht durch stärkeres Niederdrücken oder Heraufziehen des Stahlstiftes reguliren lässt, nach einem guten Barometer, und theilt den Raum von diesem Rande bis zur Spitze der Steigröhre in gleiche Theile, deren Menge durch den beobachteten Rand des Barometers gegeben ist[1].

Differentialbeobachtungen. VI. 1812.

Differentialien, geometrische und mechanische. VI. 1538.

Differential-Inductor. FARADAY's. S. **Elektricität.** DOVE's. S. **Induction.**

Differentialsextant. S. **Mikrometer.** VI. 2178.

Differentialthermometer oder **Differenzthermometer.** LESLIE's. II. 535. dessen Erfindung. 535. Einrichtung. 537. abgeändert durch HOWARD. 541. dient als Hygrometer. V. 623. Nachtrag. IX. 944. RITCHIE's. X. 427. 428.

Diffraction des Lichtes. S. **Inflexion.** V. 681. und **Undulation.** IX. 1409.

Zus. **Diffusion.** Hierdurch bezeichnet man eine bei den Gasen vorkommende ähnliche Erscheinung, als welche bei tropfbaren Flüssigkeiten den Namen Endosmose erhalten hat. Man kannte seit langer Zeit das Hindurchdringen der Gase und Dämpfe durch Thierblase (Bd. I. S. 200. Bd. IX. S. 1984) und das von DOEBEREINER wahrgenommene Entweichen des Wasserstoffgases aus Glocken mit feinen Rissen blieb nicht

1 Poggendorff Ann. Bd. XXX. S. 62. Bd. LVI. S. 513.

unbeachtet (Bd. II. S. 53. 284. IV. 1047. VI. 1446). Um diese letzteren Erscheinungen zu controliren, setzten Magnus eine mit Wasserstoffgas gefüllte, einen feinen Riss habende Glocke unter eine grössere mit Sauerstoffgas gefüllte, sperrte beide durch Quecksilber und fand, dass das Gas aus der ersteren in die zweite entwich. Eine mit Wasser bis fast ans Ende gefüllte und daselbst mit einer nassen Thierblase überbundene Glasröhre stellte er mit ihrem unteren Ende in ein Gefäss mit Quecksilber, welches in derselben bis zu 3 Zoll Höhe stieg, als das Wasser allmälig verdunstete [1]. Man kannte ferner das eigenthümliche Verhalten der Gase, wonach sich dieselben, wenn sie sich nicht chemisch verbinden, dennoch nicht wie die tropfbaren Flüssigkeiten nach ihrem specifischen Gewichte über einander lagern, sondern selbst durch das Aufsteigen der schweren in den leichteren und umgekehrt durch ein Herabsinken der letzteren in den ersteren mit einander mengen. Am bekanntesten hierüber sind die Versuche von Berthollet, welcher mit den verschiedensten Gasen gefüllte Ballons durch eine enge Röhre mit einander verband und nach 24 bis 48 Stunden ein ziemlich gleichmässiges Gemenge beider in jedem der Ballons wahrnahm [2]. Um die Zeit zu ermitteln, in welcher atmosphärische Luft durch enge Canäle sich mit andern eingeschlossenen Gasen vermengt, nahm Thomas Graham 9 Zoll lange Glasröhren, verschloss diese am einen Ende, und steckte in das andere einen eingeriebenen Stöpsel, in welchem sich ein 0,07 bis 0,12 engl. Zoll enges und 2 Zoll hervorragendes Röhrchen befand. Diese Röhren füllte er mit der zu prüfenden Gasart, legte sie horizontal und zugleich das enge, rechtwinkelig umgebogene Röhrchen bei den schwereren Gasarten nach oben, bei den leichteren nach unten gekehrt, um ein mechanisches Ausströmen zu hindern, und untersuchte nach 4 oder nach 10 Stunden den Inhalt, wobei sich jederzeit ein die Hälfte erreichender, bei Wasserstoffgas aber bedeutend übersteigender Theil entwichen und durch atmosphärische Luft ersetzt fand. Da hierbei die leichteren Gase ungleich schneller entwichen, so führte dieses zu der Vermuthung, dass die erforderlichen Zeiten den Quadratwurzeln der Dichtigkeit umgekehrt propor-

1 Poggendorff Ann. Bd. X. S. 153.
2 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. II. p. 462.

tional seyn möchten. Aehnliche Resultate gaben auch die Versuche, als GRAHAM zwei mit verschiedenen Gasen gefüllte Ballons durch ein enges Rohr mit einander in Verbindung setzte. Endlich erhielt er noch auffallendere Resultate, als er eine zu zwei Drittel mit Steinkohlengas gefüllte Blase unter einen mit Kohlensäure gefüllten Recipienten legte und sie nach 24 Stunden stark angeschwollen und 35 Procent Kohlensäure enthaltend fand, während die Kohlensäure nur wenig von dem Steinkohlengase aufgenommen hatte. Eine zur Hälfte mit atmosphärischer Luft gefüllte Blase enthielt unter gleichen Bedingungen bloss Kohlensäure [1].

Nachdem GRAHAM die von DOEBEREINER gemachte Erfahrung kennen gelernt hatte, nahm er seine Versuche wieder auf, bezeichnete die wechselseitige Austauschung der Gase durch den Namen Diffusion, und stellte das allgemeine Gesetz auf, dass die Mengen der auf diese Weise durch eng poröse Körper ausgetauschten Gase sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln ihrer Dichtigkeiten verhalten. Zuerst füllte er eine mit einem feinen Risse versehene Glocke mit Wasserstoffgas, sperrte sie ab und senkte sie bei zunehmender Verminderung ihres Inhalts zur Erhaltung gleicher Spannung tiefer in die sperrende Flüssigkeit, bis Stillestand erfolgte. Hierbei fand er, dass von 3,87 Volumen Wasserstoffgas nur 1 Volumen übrig blieb, welches bei der Untersuchung sich als atmosphärische Luft zeigte. Wird die Dichtigkeit des Wasserstoffgas $= 0{,}0668$ gegen atmosphärische Luft $= 1$ angenommen, so giebt, da $\sqrt{0{,}0668} = 0{,}2623$ ist, die Proportion:

$$0{,}2623 : 1 = 1 : x$$

den Werth von $x = 3{,}8149$ dem ursprünglichen Volumen sehr nahe gleich, wodurch also das von ihm erfundene Diffusionsgesetz begründet wäre.

Risse in Glocken sind nicht wohl gleichmässig und so zu erhalten, dass sie nicht zugleich die Gase mechanisch durchströmen lassen. Besser zeigten sich Cylinder von unglasirter Wedgwood-Masse, obgleich auch diese, wenn sehr trocken,

1 Quarterly Journ. of Science. New Ser. N. XI. p. 74. Poggendorff Ann. Bd. XVII. S. 341.

mechanisch durchliessen, wenn zu feucht, jeden Durchgang hinderten. Uebergebundene Thierblase fand GRAHAM in ihrer Wirkung zu langsam, trockne gute Korkstöpsel, einige Mineralien und selbst dichte Hölzer zeigten sich geeigneter, am besten aber 0,1 bis 0,6 Zoll dicke Gypspflöcke, deren er sich hernach ausschliesslich bediente. Um diese zu erhalten, steckte er in die zu den Versuchen dienenden 6 bis 14 Zoll langen, 0,5 Zoll weiten graduirten Glasröhren Holzcylinder so weit hinein, dass der für die Dicke des Gypsstopfers erforderliche Raum leer blieb, füllte diesen mit der gehörig aus gebranntem pulverisirten Gypse bereiteten Masse an und liess nach Wegnahme des hölzernen Cylinders den Stopfer trocknen. Diese Röhren senkte er mit dem offenen Ende in Sperrwasser, um den zu starken Druck des Quecksilbers zu vermeiden, sog die enthaltene Luft mittelst einer heberförmig gebogenen Röhren heraus, doch so, dass das Wasser mit dem Gyps nicht in Berührung kam, wodurch derselbe für Gase undurchdringlich wird, füllte sie dann mit dem erforderlichen Gase, senkte sie, so wie dieses zunehmend mehr verschwand, tiefer in das Sperrwasser zur Erhaltung eines gleichen Niveaus, und wartete, bis Stillstand eintrat und der Versuch beendet war, was bei dünnen Stöpseln schon nach einigen Minuten erfolgte. Neben diese Diffusionsröhre senkte er in das nämliche Sperrwasser eine zweite ganz gleiche, beide meistens des grösseren Volumens wegen mit einer Kugel versehen, und mit der nämlichen Gasart gefüllt, um mittelst der letzteren völlig verschlossenen den Einfluss der Wärme und des Barometerstandes zu corrigiren. Das eingeschlossene Gas, als über Wasser stehend, galt für mit Wasserdampf gesättigt, und um auch das eindringende in diesen Zustand zu versetzen, war ein hohles Dach von genässtem Fliesspapier über dem Gypsstöpsel befestigt. Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der mit 11 verschiedenen Gasen bei mittlerer Temperatur erhaltenen Resultate.

Gase	Volumina des entwich.	Volumina des eingedr.	Quotient
Wasserstoffgas	1085,7	282,2	3,848
Kohlensäure	178,9	223,2	0,814
Schwefligsaures Gas . . .	66,0	97,0	0,68
Stickstoffoxydulgas . . .	51,0	62,0	0,82
Schwefelwasserstoffgas .	69,0	73,0	0,95
Sauerstoffgas	795,0	838,0	0,948
Stickstoffgas	836,0	834,0	1,014
Oelbildendes Gas	800,0	785,0	1,019
Kohlenoxydgas	815,0	803,0	1,015
Sumpfluft	252,0	187,0	1,344
Cyangas	69,3	84,2	0,820

Den Versuch mit Cyangas hält Graham für ungenügend, weil dieses Gas vom Gypsstöpsel verschluckt werde; die übrigen aber bestätigen allerdings das aufgestellte Diffusionsgesetz, wenn man mit Graham annimmt, dass die Fehlergrenze nicht über ein Dreihundertstel reicht. Dieses ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung:

Gase	spec. Gew. $= \delta$	$\sqrt{\frac{1}{\delta^2}}$	Quotient
Wasserstoffgas	0,0694	3,7947	3,830
Kohlensäure	1,5270	0,8091	0,812
Schwefligsaures Gas . .	2,2220	0,6708	0,68
Stickstoffoxydulgas . . .	1,5270	0,8091	0,82
Schwefelwasserstoffgas .	1,1805	0,9204	0,95
Sauerstoffgas	1,1110	0,9487	0,9498
Stickstoffgas	0,9720	1,0140	1,0143
Oelbildendes Gas	0,9720	1,0140	1,0191
Kohlenoxydgas	0,9720	1,0140	1,0149
Sumpfluft	0,5550	1,3414	1,344

Die grösste Abweichung zeigt das Wasserstoffgas, wobei jedoch Poggendorff bemerkt, dass die Annäherung schon grösser wird, wenn man die Dichtigkeit dieses Gases nach Berzelius $= 0{,}0688$ nimmt, indem dann $\sqrt{\frac{1}{\delta^2}} = 3{,}8149$ wird. Inzwischen liegt nach den neuesten Bestimmungen von Boussingault

und DAMAS das spec. Gewicht dieses Gases zwischen 0,0691 und 0,0695, und es kann also auf diese Weise nicht geholfen werden, doch zeigt das Wasserstoffgas noch sonstige Anomalieen und ist schwer in vollkommener Reinheit zu erhalten.

Bei allen diesen Versuchen waren die Gypsstöpsel der freien atmosphärischen Luft ausgesetzt, so dass man die Menge der letzteren als unendlich gross betrachten muss, und zudem ist diese selbst ein Gemenge. Einen einzigen Versuch aber stellte GRAHAM an, wobei er zwei Gase von abgesperrtem Volumen in Verbindung brachte. Zwei oben in eine Kugel erweiterte Röhren wurden jede in ein besonderes Sperrgefäss gesenkt und oben mittelst Federharz durch eine horizontale Röhre verbunden, in welcher sich ein 0,2 Z. dicker Gypsstöpsel befand. Als alles luftdicht schloss, wurde die eine Röhre mit Stickgas, die andere mit Kohlenoxydgas gefüllt; nach 24 Stunden zeigte sich keine Volumensveränderung, und die chemische Analyse zeigte in beiden gleiche Mengen beider Gase, die sonach auch gleiche Dichtigkeiten haben müssen[1].

POGGENDORFF hat die Methode angegeben, wie die Resultate solcher sehr wünschenswerther Versuche zu berechnen sind. Ist der Inhalt des einen Gefässes $= A$, des andern $= B$, so lässt sich annehmen, dass vor dem Versuche der Inhalt von A aus einem Theile, welcher zurückbleibt, $= a$ und aus einem, welcher durchdringt, $= \alpha$, ebenso B aus b und β besteht. Nach dem Versuche werde $A = X = a + \beta$ und $B = Y = \alpha + b$ und die Diffusion ist vollendet, wenn $\frac{a}{X} = \frac{\alpha}{Y} = \frac{A}{A+B}$ und $\frac{\beta}{X} = \frac{b}{Y} = \frac{B}{A+B}$ ist. Nach dem Diffusionsgesetze muss $\alpha : \beta = \sqrt{\delta} : 1$ seyn, wenn das specifische Gewicht des Gases in $A = 1$ und in $B = \delta$ ist. Man hat also für diese verschiedenen Grössen:

1) $X + Y = A + B$, 2) $\alpha = \beta \sqrt{\delta}$,

3) $\frac{\beta}{X} = \frac{b}{Y} = \frac{B}{A+B}$, 4) $\frac{\alpha}{Y} = \frac{a}{X} = \frac{A}{A+B}$,

und da $X = a + \beta$ und $Y = b + \alpha$,

---

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. IX. p. 175. N. X. p. 269. N. XI. p. 351. Transact. of the Roy. Soc. of Edinb. T. XI. p. 222.

$$5)\ \beta = X \, . \, \frac{B}{A+B}, \qquad 6)\ \alpha = Y \, . \, \frac{A}{A+B},$$

$$7)\ a = X \, . \, \frac{A}{A+B}, \qquad 8)\ b = Y \, . \, \frac{B}{A+B} \, .$$

Da nun nach (2) $\alpha = \beta \sqrt{\delta}$ ist, wenn man für α und β die Werthe aus (5) und (6) substituirt, so erhält man

$$9)\ X \, . \, B \sqrt{\delta} = Y \, . \, A \quad \text{oder} \quad \frac{X}{Y} = \frac{A}{B\sqrt{\delta}} \, .$$

Hierin die in (1) gefundenen Werthe für X und Y gesetzt, giebt

$$10)\ X = \frac{A\,(A+B)}{A+B\sqrt{\delta}} \quad \text{und} \quad Y = \frac{B\,(A+B)\sqrt{\delta}}{A+B\sqrt{\delta}},$$

woraus dann nach 5) bis 8)

$$11)\ \beta = \frac{AB}{+B\sqrt{\delta}} \quad \text{und} \quad \alpha = \frac{AB\sqrt{\delta}}{A+B\sqrt{\delta}}$$

$$12)\ a = \frac{AA}{A+B\sqrt{\delta}} \quad \text{und} \quad b = \frac{BB\sqrt{\delta}}{A+B\sqrt{\delta}}$$

gefunden wird [1].

Schon vor der Bekanntwerdung von GRAHAM'S Versuchen veröffentlichte MITCHELL eine Reihe ähnlicher, woraus das Durchdringen der Gase namentlich durch Membranen von Cautchuck hervorging, die er aus den käuflichen, nicht gereiften Flaschen dieser Substanz durch Erweichen derselben in kaltem Aether und nachheriges allmäliges Aufblasen herstellte [2]. Ueber die Permeabilität des Cautchuck und zugleich auch dessen Geneigtheit, die Diffusion der Gase zuzulassen, hat neuerdings PEYRON eine Reihe von Versuchen angestellt, deren wesentliche Resultate in Folgendem bestehn. Wenn man über eine oben erweiterte Glasröhre eine auch unpräparirte Membrane Cautchuck festbindet, die Röhre mit Quecksilber füllt und barometerartig in ein Gefäss mit Quecksilber senkt, so erweitert sich der anfänglich luftleere Raum und es dringt fortwährend eine dem Drucke proportionale Menge Luft ein. Wird in eine solche Röhre sofort nach ihrer Herstellung so viel Wasserstoffgas gefüllt, dass das Quecksilber bis zur Hälfte herabsinkt, so fängt dasselbe augenblicklich wieder an zu stei-

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XXVIII. S. 331 ff., wo GRAHAM'S Untersuchungen mitgetheilt und mit lehrreichen Anmerkungen begleitet sind.

2 Journ. of the Roy. Instit. N. IV. p. 101. N. V. p. 307.

gen. Wird ein Cautchuckballon mit Wasserstoffgas gefüllt und unter eine Campane mit atmosphärischer Luft gelegt, so sinkt er allmälig bis auf etwa ¾ seines Volumens zusammen, und der Inhalt besteht aus etwa 2 Theilen Wasserstoffgas und 1 Theil atmosphärischer Luft, welche Gase sich auch in der Campane finden. In freier Luft liegend verliert der Ballon endlich alles Wasserstoffgas und enthält bis auf ein Viertel seiner Grösse herabgegangen bloss atmosphärische Luft. Befestigt man einen zu drei Viertel seines Inhalts mit Luft gefüllten Cautchuckballon in einer Campane, füllt man diese letztere erst mit Wasser und dann mit Wasserstoffgas, so schwillt der Ballon allmälig auf und in ihm, wie in der Campane, befindet sich ein Gemenge aus Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft, welche letztere allein in ihm zurückbleibt, nachdem er lange an freier Luft gelegen hat. Eine ähnliche Diffusion fand auch bei Stickstoffoxydul und Kohlensäure statt; auch machte es keinen Unterschied, ob käufliches Cautchuck oder präparirtes angewandt wurde. Hiernach muss man vermuthen, dass auch die bei pneumatischen Untersuchungen gebrauchten Cautchuck-Röhren eine Diffusion gestatten. PEYRON wies dieses durch Versuche nach, fand aber zugleich, dass Membranen von dieser Substanz durch zweimaliges Bestreichen mit Leinölfirniss ihre Permeabilität zum Theil, durch zweistündiges Maceriren in heissem Leinöl aber wahrscheinlich ganz verlieren [1]. BRÜCKE's Diffusionsversuche s. **Endosmose.**

1 Compt. rend. T. XIII. p. 820. Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 587.

Zus. Nach POUILLET [1] wird das Geräusch des Donners nicht durch das Eindringen der Luft in den durch den Blitz erzeugten leeren Raum, sondern durch ein Erschüttern der Luft (vibration de l'air) hervorgebracht, was übrigens fast das nämliche ist, jedoch deuten die sogenannten Platzungen auf ein eigentliches Verdrängen der Luft. Das Argument, dass fliegende Kugeln nur ein Zischen erzeugen, ist nicht beweisend, denn ihre Bewegung ist zu langsam, analoge Phänomene dagegen sind das Knallen einer Peitsche und der elektrischen Pistole, welches letztere wegfällt, wenn die Oeffnung derselben im Momente der Explosion verschlossen wird. Wenn TESSAN [2] den Knall des Donners davon ableitet, dass die Wolke durch das Ausfahren des Funkens den durch die Elektricität ihr gegebenen Theil ihrer Elasticität verliert, so bedarf diese Hypothese keiner Widerlegung. Interessanter ist dagegen seine Wahrnehmung eines zischenden Geräusches neben dem Donner bei einem Gewitter, welches er im Freien erlebte, wovon man auf das Geräusch der Nordlichter schliessen könnte. Nach ARAGO [3] dauert der durch Echos verlängerte Knall eines Pistolenschusses unter günstigen Umständen wohl 30 Secunden, der Donner aber höchstens 36 bis 45 Secunden. Hieraus wird indess die ungleiche wechselnde Stärke des Donners nicht klar. Nach HOOKE [4] verändert sich die Stärke des Donners mit der Entfernung des Blitzstrahls vom Ohre des Beobachters; nach ARAGO und KÄMTZ [5] ist aber zugleich die Zickzackform der Bahn bedingend, indem der Schall da am stärksten seyn muss, wo der Widerstand eine Beugung des Strahls bewirkt. Bei nahen und fast vertical einschlagenden Blitzen ist der Donner anfangs am stärksten und nimmt meistens regelmässig ab, bei

---

1 Elements de Physique. 3me éd. T. II. p. 615.
2 Compt. rend. T. XII. p. 792.
3 Annuaire pour 1838. p. 451.
4 Posthumous works. Lond. 1705. p. 424.
5 Lehrbuch der Meteorologie. Bd. II. S. 424.

entfernten fängt er oft geringer an und nimmt dann zu, was daraus folgen kann, dass der Blitz sich in seiner Richtung vom Beobachter entfernt; die wechselnde Stärke des Donners liesse sich füglich von der ungleichenZahl der während seiner Dauer gleichzeitig reflectirten Strah len ableiten, worauf ARAGO nicht genügendes Gewicht zu legen scheint.

Zus. **Dynameter** nennt Baumann ein von ihm erfundenes Instrument, welches bestimmt ist, die Vergrösserung der

E.

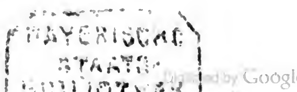
---

1 Journ. of Science. 1823. Janv. p. 182. Bibl. univ. 1822. Sept. p. 6.
2 Mém. de l'Acad. de Berlin. 1775.

Zus. Ueber die Gestalten der Schneeflocken und die Formen des Eises der gefrorenen Fenster hat SCHUMACHER [1] zahlreiche Beobachtungen angestellt und die gefundenen Resultate in sehr sauberen Zeichnungen mitgetheilt.

---

1 Die Krystallisation des Eises aus vielen eigenen Beobachtungen dargestellt. Von Dr. G. F. SCHUMACHER. Leipz. 1844. mit 5 Ktf.



Zus. In Beziehung auf den (Bd. III. S. 224) angegebenen Modulus der Elasticität ist der Werth von M. nach neueren Untersuchungen von Bevan[1] für Eis = 2100000 und für Wasser = 2178000 gefunden worden. Weitere Untersuchungen über die Elasticität der Glasfäden und deren Widerstand gegen Drehung hat Rennie bekannt gemacht[2]. Für die Bestimmung der Elasticität tropfbarer Flüssigkeiten schienen Oersted's Versuche noch nicht genügend; das französische Institut machte daher das Problem zum Gegenstande einer Preisfrage und krönte die Abhandlung von Colladon und Sturm[3]. Die Zusammendrückung des Glases, worauf Rücksicht genommen werden sollte, ermittelten diese durch Anhängen von Gewichten an eine Glasröhre und fanden hiernach die lineare = 0,0000011, also die kubische = 0,0000033 für den Druck einer Atmosphäre; allein Poisson bewies, dass dieses Resultat wegen gleichzeitiger Verdünnung der Röhre zu

1 Phil. Trans. 1827. p. 306.
2 Ebendas. 1830. p. 215.
3 Ann. Chim. et Phys. T. XXXVI. p. 113 u. 225.

gross sey und nicht mehr als 0,0000016 betragen könne. Inzwischen hat Oersted [1] seine Versuche nicht bloss fortgesetzt, sondern auch die erhaltenen Resultate einer weiteren Prüfung unterworfen, wodurch einige scheinbare Widersprüche in denselben beseitigt werden. Es ist nämlich nicht zu übersehen, dass in Folge der Zusammendrückung des Wassers durch das Gewicht einer Atmosphäre Wärme ausgeschieden, hierdurch aber das Wasser, je nachdem es über oder unter dem Puncte seiner grössten Dichtigkeit sich befindet, entweder ausgedehnt oder an Volumen vermindert wird, mithin im ersten Falle um die hierzu gehörige Grösse weniger, im zweiten mehr zusammengedrückt zu seyn scheint. Eine Erwärmung um 0°,025 C. giebt dem Wasser bei 10° Wärme eine Volumensvermehrung von 2 Milliontel, und wird es also durch den Druck einer Atmosphäre um 46,77 Milliontel seines Volumens scheinbar zusammengedrückt, so beträgt die scheinbare Zusammendrückung nur 46,77 — 2 = 44,77 Milliontel; bei 16° Temperatur giebt 0°,025 Temperaturerhöhung schon 4 Milliontel, bei 20° gar 6 Milliontel, bei 0° Temperatur aber giebt 0,025 Erwärmung eine Volumensverminderung von 1,5 Milliontel, und die scheinbare Zusammendrückung würde mithin 46,77 + 1,5, also 48,27 betragen. Bei der Unsicherheit der Decimalen in diesen Grössenbestimmungen kann man immerhin die Zusammendrückbarkeit des Wassers zu 46 Milliontel seines Volumens durch eine Atmosphäre annehmen. Versuche, welche Oersted gleichzeitig über die Zusammendrückbarkeit des Glases anstellte, indem er den von ihm gebrauchten Apparat mit Glasstückchen, den übrigen Raum aber mit Wasser anfüllte, dann aus der bekannten Zusammendrückbarkeit des Wassers die des Glases berechnete, ergaben letztere, ganz wie die sonstiger fester Körper, namentlich der Metalle, so gering, dass die erhaltenen Grössen innerhalb der Fehlergrenze liegen und man sie daher vernachlässigen kann. Wenn dieses mit Poisson's Berechnungen nicht übereinstimmt, so liegt der Grund hiervon darin, dass dieser berühmte Geometer die Zusammendrückbarkeit aus der Längenausdehnung durch Gewichte ableitete, statt dass diese nicht eine eigentliche Annäherung der

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXI. S. 361.

Theile, sondern vielmehr eine Veränderung der gegenseitigen Lage derselben zur Folge hat.

Ganz neuerdings hat M. G. AIMÉ[1] neue Versuche mit Anwendung höheren Druckes angestellt, sie auf eine grössere Anzahl von Flüssigkeiten ausgedehnt und dabei die Compression des Glases nach POISSON's Bestimmung angenommen. Die zu untersuchenden Flüssigkeiten waren in ein birnförmiges Gefäss mit feiner Spitze eingeschlossen, in welche so viel Quecksilber eindrang, als der Theil des Volumens betrug, um welchen die Flüssigkeit zusammengedrückt wurde, wenn der in das Meer hinabgesenkte Apparat eine gewisse gemessene Tiefe erreicht hatte. Auf solche Weise war es möglich, einen weit stärkeren Druck zu erhalten, als der von 30 Atmosphären, bis wohin COLLADON und STURM ihre Versuche ausgedehnt hatten, denn bei dieser neuesten kamen die von 80 bis zu 220 Atmosphären in Anwendung. Die zu einer Atmosphäre gehörenden Volumensverminderungen der verschiedenen Flüssigkeiten waren folgende.

Flüssigkeiten.	Zusammendrückung.
Süsses Wasser	0,0000502
Alkohol von 32° . . .	0,0000682
Alkohol von 40° . . .	0,0000996
Oxalsäure	0,0000479
Essigsäure	0,0000512
Schwefelsäure	0,0000332
Chlorwasserstoffsäure . .	0,0000432
Ammoniak	0,0000376
Seewasser	0,0000413
Schwefels. Natronlösung .	0,0000444
Schwefeläther	0,0000756
Terpentinspiritus . . .	0,0000657
Quecksilber	0,0000040

Diese Zusammendrückung findet statt bei 12°,6 C. und ist etwas stärker als bei 0° Temperatur, denn für diese beträgt die Verminderung des Volumens für Wasser 0,0000488; für Al-

1 Ann. Chim. et Phys. 3me Sér. T. VIII. p. 257.

kohol von 40 Grad 0,0000944; für Schwefelsäure 0,0000302; für Ammoniak 0,0000363 und für Quecksilber 0,0000033.

Vorzügliche Beachtung wegen ihres Einflusses auf die Bestimmung des Wesens der Elasticität verdienen die Versuche von W. WEBER über die Elasticität der Seidenfäden [1]. Es geht daraus hervor, dass wie bei der Luft ihre Elasticität bei zunehmendem Drucke anfangs zunimmt, später abnimmt, bei vermindertem aber umgekehrt, und dass ein ähnliches Verhalten auch bei festen, namentlich organischen Körpern stattfindet, was er durch Nachwirkung bezeichnet.

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXIV. S. 247. Bd. LIV. S. 1.

Zus. Ueber die Elektricität geriebener Metalle hat DE LA RIVE Versuche angestellt. Man muss jedoch unterscheiden, dass es zwei verschiedene Classen dieser Erscheinungen giebt, die eine, wenn man, wie HEMMER, das Metall mit einem weichen Körper reibt, die andere, wenn zwei Metalle an einander gerieben werden. Zur ersten Classe gehören auch die Versuche von DE LA RIVE, indem er verschiedene Metalle mit dem Finger, mit Elfenbein, Horn, Kork, verschiedenen Holzarten, Cautchuck u. s. w. rieb [1]. Hierbei stellte sich das merkwürdige Resultat heraus, dass einige Metalle positiv, andere negativ wurden, einige aber bald den einen, bald den andern Zustand am Elektrometer zeigten. Die Ursache hiervon sucht DE LA RIVE in einer dünnen Oxydschicht, womit sich das Metall überzieht und die dann, durch den reibenden Körper weggenommen, letzterem zum Ueberzuge dient. Eine näher liegende und durch anderweitig bekannte Thatsachen begründete Ursache dürfte indess in der veränderlichen Rauheit und Glätte der beiden geriebenen Körper zu suchen seyn, ohne zu einer problematischen Oxydbildung seine Zuflucht zu nehmen. Metalle an Stangen isolirt und an einander gerieben wurden nicht so weit elektrisch, um das Elektrometer zu afficiren, was DELLMANN (bei seinen Versuchen in Mainz) bestätigte; verbindet man aber die isolirten Metalle mit den Enden eines Multiplicators, so zeigt die Magnetnadel bei der geringsten Reibung einen elektrischen Strom, dessen Richtung im Ganzen mit der des thermoelektrischen zusammenfällt. Zahlreiche Versuche dieser Art habe ich mit Metallstäben von 2 bis 2,5 Z. Länge und einem quadratischen Durchschnitt von 0,3 Z. Seite angestellt, die in ihrer Mitte winkelrecht auf 10 bis 12 Z. lange Glasstangen oder hölzerne Stäbe aufgekittet und am einen Ende mit einem zolllangen angelötheten Kupferdrahte versehen waren, um sie mittelst desselben mit den Enden des Multiplicators zu verbinden. Hierdurch wird jeder thermische

1 Bibl. univ. T. LIX. p. 13. Poggendorff Ann. Bd. XXXVII. S. 506.

Einfluss vermieden, und die Versuche lassen sich auch dahin ausdehnen, dass man eins der Metalle erhitzt. Auch ohne vorhergehende Erwärmung scheint es, als ob zuweilen durch blosse Berührung beider Metalle ein elektrischer Strom erzeugt würde, man ist aber nie völlig sicher, ob nicht dennoch eine geringe Reibung stattgefunden habe. Diese Vorrichtung ist bequemer als diejenige, welche BECQUEREL [1] angewandt hat, um durch Reiben metallener Scheiben oder Stäbe einen elektrischen Strom zu erzeugen. Dieser stellt übrigens die Entstehung desselben durch blosse Berührung in Abrede und giebt folgende Ordnung an, in welcher jedes folgende Metall mit dem vorhergehenden positive Elektricität giebt: Wismuth, Palladium, Platin, Blei, Zinn, Nickel, Kobalt, Kupfer, Gold, Silber, Iridium, Zink, Eisen, Kadmium, Arsenik, Antimon, Anthracit, Braunstein. Eine fast umgekehrte Reihe will EMMET [2] gefunden haben, denn nach diesem ist sie folgende: Wismuth, Nickel, Gold, Platin, Silber, Kupfer, Quecksilber, Blei, Zinn, Eisen, Zink, Arsenik, Antimon, in welcher jedes Metall mit dem nachfolgenden gerieben einen positiven Strom geben, beim Contact aber das umgekehrte Verhalten stattfinden soll.

Elektricität, medicinische. III. 390. Geschichte und Apparate. 390. elektrisches Bad. 392. Durchströmen der Elektricität durch den Körper. 394. elektrischer Hauch. 395. Funken. 396. Flaschenschläge. 397. Wirkungsart. 399. praktische Regeln. 401. zu heilende Krankheiten. 403—406. Vergl. **Induction.**

Elektricität, thierische. S. **Galvanismus.** IV. 555. 559.

Zus. Die thierische Elektricität ist im Werke nur in so weit erwähnt, als man die durch GALVANI entdeckten Erscheinungen für ein Erzeugniss des thierischen Körpers hielt, und sofern jetzt als ausgemacht gilt, dass die Froschschenkel und überhaupt die animalischen Organe hierbei nur als Elektroskope wirken, würde es demnach keine thierische (d. h. in dem thierischen Körper und durch denselben entwickelte) Elektricität, mit Ausnahme der in den elektrischen Fischen, mehr geben. Dieser Satz ist aber noch keineswegs begründet, und obgleich die Wissenschaft das Problem noch nicht in sei-

---

1 Traité de Physique considerée dans ses rapports avec la Chimie. Par. 1842. T. I. p. 392.

2 Silliman amer. Journ. of Sc. T. XXV. p. 271. T. XXVI. p. 311.

nem ganzen Umfange gelöst hat, so wird doch erfordert, hier dasjenige kurz zusammenzustellen, was bisher geschehen ist. Die Frage ist also, ob und auf welche Weise im thierischen Körper, mit Ausnahme der eine besondere Classe bildenden elektrischen Fische, Elektricität erzeugt wird, wobei die vielen und mannigfaltig modificirten physiologischen Wirkungen, welche die Elektricität und namentlich der elektrische Strom auf die Nerven äussert, die in grösster Vollständigkeit durch FECHNER [1] zusammengestellt sind, ganz unberücksichtigt bleiben.

ALOYSIUS GALVANI [2] leitete bekanntlich die von ihm beobachteten Erscheinungen von einer im thierischen Körper entwickelten Elektricität her und suchte, unterstützt durch CARMINATI, CARRADORI, VALLO, ALDINI u. A., diese Ansicht gegen die abweichende VOLTA's zu behaupten. Anhänger dieser Meinung im Allgemeinen waren auch diejenigen in Deutschland, welche die Versuche wiederholten, z. B. ACKERMANN, CREVE, SCHMUCK, REIL, GREN, und diejenigen, welche die Zahl der Thatsachen vermehrten, unter denen vorzugsweise v. HUMBOLDT [3] und PFAFF [4] genannt zu werden verdienen. VOLTA selbst wurde anfangs in seiner Ansicht zweifelhaft, als er aus eigenen Versuchen fand, dass es zur Erregung von Zuckungen in Froschschenkelpräparaten keiner verschiedenen metallischen Belegungen, ja überhaupt keiner Belegungen bedürfe, indem ein bloser Metalldraht oder jeder andere leitende Körper, der zum Ueberführen der Elektricität vom isolirten Nerven zum zugehörigen Muskel diene, im letzteren Convulsionen zu erregen vermöge [5]. Auch PFAFF wurde durch seine Versuche veranlasst zu schliessen, dass genässte Körper, mit metallischen Belegungen an thierischen Theilen anliegend, das die Nerven reizende Fluidum nicht selbst hergeben, sondern sich nur als leitend verhalten, und dass nur die thierischen Theile, insbesondere die Nerven, in Berührung mit Metallen dieses Fluidum hergeben. Hiernach ist er nicht abgeneigt, dieses Fluidum für ähnlich mit demjenigen zu halten, was man Lebensprincip (Nervenfluidum) nennt,

---

1 Lehrbuch d. Galvanismus und der Elektrochemie. Leipz. 1829. 8. S. 466 ff.

2 Comm. Acad. Bonon. T. VII. von 1791.

3 Vers. über die gereizte Muskel- und Nervenfaser. 2 Bde. 1797.

4 Ueber thier. El. und Reizbarkeit. 1795.

5 Phil. Trans. 1793. P. I. Gren's Journ. Bd. VIII. S. 314.

oder beide als identisch anzuerkennen [1]. Man darf es den Physiologen nicht verargen, wenn sie etwas beharrlich das räthselhafte Agens, welches die Einwirkung der Nerven auf die Muskeln bedingt und den Zusammenhang zwischen Empfindung und Bewegung vermittelt, für ähnlich oder gar identisch mit der Elektricität finden wollten; denn schon die unmessbare Schnelligkeit des Strömens beider Fluida, wenn man die Nerventhätigkeit gleichfalls auf ein Nervenfluidum zurückzuführen keinen Anstand nimmt, dient eine Schlussfolgerung dieser Art herbeizuführen. Noch beweisender aber mussten die auffallenden Muskelbewegungen erscheinen, die der durch die Nerven geleitete elektrische Strom bei allen Thieren, selbst nach dem Tode, hervorbringt. Die allbekannten Zuckungen der Froschschenkel übergehe ich mit Stillschweigen, eben wie die Bebungen, Zusammenziehungen und Zuckungen der Muskeln, namentlich des Arms, die man gegenwärtig durch die starken Ströme der Inductionsrollen leicht hervorzubringen vermag, und beschränke mich bloss auf einige Fälle, wo Muskelbewegungen nach dem Tode hervorgebracht wurden. Bei einem eben gestorbenen Hänfling konnte v. HUMBOLDT durch mechanisches Prickeln mit einer Nadel am After keine Bewegung erzeugen; als er ihm aber ein Zinkplättchen in den Schnabel und einen Silberdraht in den After steckte und beide Metalle leitend verband, öffnete er die Augen, richtete sich auf und schlug mit den Flügeln. PRÜNELLE konnte ein im Winterschlafe befindliches Murmelthier durch elektrische Flaschenschläge nicht zum vollen Erwachen bringen; als er ihm aber die Polardrähte einer Säule in den Mund brachte, erweckte er es vollständig [2]. Am meisten Aufsehn erregten die Versuche, in denen bei hingerichteten Verbrechern durch die Einwirkung des elektrischen Stromes das Athmen, Aufschlagen der Augen, Bewegung der Arme und Beine, Aufrichten aus der horizontalen Lage u. s. w. beobachtet wurden, wie solche bald nach der Entdeckung der Volta'schen Säule namentlich von ALDINI [3], VASSALLI-EANDI, GIULIO und ROSSI [4], von ALDINI an einem Gehängten [5], von

1 Vergl. Gren Journ. Bd. VIII. S. 377 ff.
2 Gilbert's Ann. Bd. XL. S. 357.
3 Ebend. Bd. XIII. S. 220.
4 Journ. de Phys. T. LV. p. 286. Voigt's Magazin Bd. V. S. 161.
5 Journ. de Phys. T. LVI. p. 378.

Froriep und Nysten[1], von Ure gleichfalls an einem Gehängten[2] und von Andern auch später angestellt wurden. Vorzugsweise verdienen in dieser Beziehung diejenigen Versuche berücksichtigt zu werden, welche Aldini in grosser Zahl zu dem Zweck angestellt hat, um das eigentliche Wesen des damals noch ziemlich neuen Galvanismus zu erforschen[3]. Die verschiedenen Reize, welche galvanische Ketten auf die Nerven und Muskeln kalt- und warmblütiger Thiere äussern, sind dabei beobachtet, vorzüglich aber eine zahlreiche Menge von Fällen, in denen bloss durch die Hand, durch die mit Salzwasser benetzten Finger, vermittelst gleichzeitiger Berührung der Köpfe, der Eingeweide, der entblössten Muskeln und Nerven frisch geschlachteter Thiere und eines Froschpräparates, letzteres in Zuckungen versetzt wurde, selbst wenn die Leitung des angenommenen elektrischen Fluidums durch den Körper eines oder mehrerer Menschen gehen musste. Nach diesen wohl nicht hinlänglich geläuterten und allseitig genügend geprüften Erfahrungen konnte sich Aldini leicht bewogen finden, das Nervenfluidum und die Elektricität für sehr ähnlich oder wohl gar identisch zu halten. Ging aber wirklich ein die Zuckungen im Froschpräparate erzeugender, also ein galvanischer Strom von Theilen frisch getödteter Thiere über, so musste in letzteren eine spontane Entwicklung des elektrischen Fluidums stattfinden, und das ist es eben, worauf es hier ankommt.

Fechner, einer der bedeutendsten Bearbeiter der Elektricitätslehre in der neuesten Zeit[4], spricht sich, nachdem er die bis dahin beobachteten Erscheinungen der physiologischen Wirkungen der Elektricität zusammengestellt hat, sehr entscheidend für die Ansicht einer vorhandenen thierischen Elektricität aus, indem er sagt: „Wenn wir theils die Anordnung unsers Ner- „vensystems, theils die von ihm abhängigen Erscheinungen in „unserm Organismus, theils die Umstände, welche die elektri- „schen Fische betreffen, in Betracht ziehen, können wir fast

1 S. Voigt's Magazin. Bd. VI. S. 333.

2 Journ. of the Roy. Inst. N. XII. p. 283. Gilbert's Ann. Bd. LXII. S. 209.

3 Van Mons Journ. de Chim. et Phys. T. III. p. 206. 250. Gilbert's Ann. Bd. XIV. S. 320.

4 A. a. O. S. 55 ff.

„nicht umhin anzunehmen, dass dasjenige, was in den Nerven „im lebenden Körper wirksam ist, nichts anderes als das Flui- „dum der Elektricität sey, ja dass das ganze Nervensystem sei- „nem Wesentlichen nach einen Erregungs- und Circulations- „apparat der Elektricität darstelle, die nur deshalb in den mei- „sten Fällen ihre Wirkungen nicht über den Organismus hinaus „verbreitet, weil sie unter den Umständen eines geschlossenen „galvanischen Apparats wirkt, so dass nur die Theile, die sich „in ihrem Kreise selbst befinden, ihre Wirkungen percipiren „können." Allerdings gesteht er zu, dass ein eigentliches Experimentum crucis zum vollständigen Beweise noch fehle und die Sache daher immer noch problematisch bleibe; doch scheinen ihm die Gründe für die Hypothese diejenigen, die man dagegen aufgestellt hat, allerdings zu überwiegen. Als beweisend für diese Ansicht erscheinen ihm hauptsächlich die Beschaffenheit der Nerven selbst, die von einem gewissen Puncte ausgehend eben dahin wieder zurückzulaufen scheinen, und ihre Vertheilung zwischen den Bündeln der Muskeln. Der Einwurf, dass die Nerven von feuchten Medien umgeben sind und sich durch feuchte Fäden abbinden lassen, widerlegt er durch die Voraussetzung, dass nur die innere Marksubstanz der Nerven leitend, ihre Hüllen aber isolirend seyen. Gelten diese Einwürfe als beseitigt, so findet er übrigens die grösste Aehnlichkeit zwischen dem Nervenfluidum und dem elektrischen. Beide bewegen sich mit unmessbarer Geschwindigkeit und der Galvanismus wählt beim menschlichen Körper vorzugsweise die Nerven als die besten Leiter, die hierzu also schon vermöge ihrer Organisation eingerichtet zu seyn scheinen. Eine Art Zucken in den Gliedern hat grosse Aehnlichkeit mit elektrischen Strömen und könnte von einer verstärkten Ladung im Gehirn abhängen, die Sinneserscheinungen, durch Galvanismus erzeugt, gleichen den gewöhnlichen sehr, und wenn die Gleichheit nicht vollkommen ist, so lässt sich dieses leicht daraus erklären, dass die Polardrähte auf grobe Weise ganze Massen der Nerven afficiren, statt dass die unbekannte Willensthätigkeit nur die einzelnen feinen Fäden afficirt.

Wegen der Wichtigkeit der Aufgabe wird es nöthig seyn, die Resultate der neuesten Untersuchungen möglichst vollständig zusammenzustellen.

Vor allem muss man zuerst die verschiedenen Arten der

Erzeugung der Elektricität an dem menschlichen Körper und durch denselben unterscheiden. Unter die unbedeutenden und leicht zu erklärenden Erscheinungen gehören diejenigen, wenn durch Reibungen der Haut, insbesondere der Haare, Elektricität erzeugt wird, denn die letzteren geben bei hinlänglicher Trockenheit stets durch Reibung Elektricität. Erfahrungen dieser Art giebt BERTHOLON DE ST. LAZARE[1], indem namentlich CARL GONZAGA, Herzog von Mantua, durch Reiben seines Körpers Funken zu erzeugen vermochte, und ebenso THEODORICH DER GROSSE. Aehnliches beobachtete BRYDONE[2] an den Haaren einer Sicilianerin und an einem Marineofficier; auch ist mir ein Mann bekannt, dessen wollene Unterleibchen beim Ausziehen ein Knistern wahrnehmen lassen, was aber als einfache Folge des Reibens der trocknen Haut an Wolle, Seide u. s. w. zu betrachten ist. Man könnte dahin auch den artigen Versuch von REMER rechnen, wonach die Elektricität bis zum Flaschenschlage gesteigert wird, wenn man einer lebenden Katze die eine Hand vor die Brust legt und ihr mit der andern den Rücken entlang streicht[3]. Fälle dieser Art würden sich zahllose auffinden lassen, wenn es der Mühe werth wäre, sie aufzusuchen.

Eine zweite Classe von Erscheinungen bezieht sich auf die spontane Erzeugung der statischen Elektricität, namentlich bei Menschen. Hierüber bestehen zwar verschiedene Angaben, allein das Thatsächliche ist noch keineswegs entschieden, und ich erwähne daher nur einige wenige Erfahrungen. Nach HEMMER giebt ein feines Elektrometer bei der Berührung mit der Hand Spuren von meistens positiver Elektricität[4], PFAFF dagegen will diese meistens negativ gefunden haben. Am ausführlichsten äussert sich PARROT[5] darüber. Hiernach soll man sich isoliren und mit den Fingern oder den Lippen den Leiter des doppelten Condensators berühren. Schon beim Oeffnen des grossen Condensators divergirt der kleine vor seinem Oeffnen um etliche Grade, beim Oeffnen aber schlagen

1 Die Elektricität aus medicinischem Gesichtspuncte betrachtet. Bern 1781. 8.

2 Reisen, d. Ueb. Leipz. 1777.

3 Gilbert's Ann. Bd. XVII. S. 31.

4 Hist. et Comm. Acad. Sc. Theod. Palat. T. VI. p. 119.

5 Grundriss der theoret. Physik. Bd. II. S. 562.

die Blättchen an. Der Effect ist der Stärke des Lebensprocesses proportional und bleibt beim Anhalten des Athmens fast ganz aus. Die erzeugte Elektricität ist also Product des Athmens, sie ist positiv, doch wird durch Anhauchen des Condensators keine erzeugt. Ich selbst habe oft beiläufig versucht, ob beim Berühren des Elektrometers, meistens ohne Isolirung, Spuren von Bewegung des Goldblättchens zum Vorschein kommen, habe allerdings zuweilen schwache Anzeigen wahrgenommen, war aber nie ganz sicher, ob sie nicht durch vorausgegangenes Reiben an idiolektrischen Körpern oder durch Entladung des etwas gespannten Säulenelektrometers herbeigeführt wurden. Ist der Mensch isolirt, so kann leicht an ihm durch die Reibung seiner wollenen oder seidenen Bekleidung oder seiner trocknen Hände eine geringe, das Elektrometer afficirende Elektricitätsmenge erzeugt werden, und diese könnte ihm auch adhäriren, wenn der trockene Fussboden eine genügende Nichtleitung darbietet. Weil man aber in zahllosen Fällen mit dem Finger die Conductoren und Elektrometer berührt, um ihnen die mitgetheilte Elektricität zu entziehen und sie in den neutralen Zustand wieder zurückzuführen, so müssten sich hierbei nothwendig häufig Spuren eigener Elektricität des menschlichen Körpers gezeigt haben, und da dieses bisher nicht wahrgenommen wurde, so werden hierdurch die Resultate der wenigen eigens angestellten Versuche verdächtig. Im Allgemeinen müssen wir daher den menschlichen und der Analogie nach den thierischen Körper für elektrisch neutral halten, und es fragt sich dann nur, ob es einzelne Ausnahmen von dieser allgemeinen Regel giebt. Hierauf bin ich seit vielen Jahren aufmerksam gewesen, indess sind mir nur zwei Fälle bekannt geworden, deren Constatirung durch Augenzeugen wegen der Seltenheit der Sache wünschenswerth seyn würde. Ein Arzt erzählte mir von einer Patientin, die am heftigsten Nervenfieber leidend, woran sie andern Tags starb, den sie berührenden Personen merkbare elektrische Schläge ertheilte, wobei man an ihren Zügen deutliche Spuren übelwollender Willensthätigkeit wahrnahm. Weitere Versuche anzustellen erlaubte ihr Zustand aus begreiflichen Gründen nicht, wie interessant dieses auch für die Wissenschaft gewesen seyn würde. Ein anderer Arzt entdeckte an einer, von ihrer Krankheit später genesenen, Patientin, dass sie bei der Berührung ein Prickeln, wie von

kleinen elektrischen Funken, wahrnehmen liess. Mit Zuziehung eines Physikers wurde die Person auf genügenden Lagen Seidenzeug isolirt, und hierdurch steigerten sich die elektrischen Entladungen bis zu sichtbaren Funken. Meinen Wunsch, den letzteren Fall bekannt zu machen, habe ich wiederholt geäussert.

Die oben ventilirte Frage über die Aehnlichkeit zwischen der Elektricität und dem Nervenfluidum und die Betrachtung, dass im lebenden Körper unausgesetzt chemische Verbindungen und Trennungen vorgehen, die nach der chemischen Theorie also galvanische Elektricität entwickeln müssten, oder, wenn dieses mit der Erfahrung nicht übereinstimmt, die unleugbare Berührung heterogener, also ungleich elektrisch disponirter, Körper, die in Gemässheit der Contacttheorie Trennungen der neutralen Elektricität herbeizuführen fähig seyn könnten [1], veranlassten die dritte Classe von Untersuchungen, ob im Innern der thierischen Körper sich Spuren galvanischer Strömungen zeigen, und eben auf diese hat man, wie billig, den meisten Fleiss verwandt. Vassalli-Eandi und noch mehr Bellingeri [2] untersuchten die verschiedenen Theile des menschlichen Körpers, um die Stellen zu bestimmen, die sie in der elektrischen Reihe der Körper einnehmen. Hierbei fand sich, dass sie durch Lebensdauer und Gesundheit bedingte Veränderungen erleiden. Das Venenblut bleibt sich im Ganzen gleich und soll in der Reihe den Platz des Eisens einnehmen, die übrigen Flüssigkeiten nähern sich mehr den negativen Metallen, doch ist ihr Verhalten nach dem Alter und der eigenthümlichen Constitution verschieden. Hiernach sollte man vermuthen, dass sie durch ihre Verbindung galvanische Ströme und zwar solche zu erregen im Stande sein müssten, die eine Bewegung empfindlicher Multiplicatornadeln erzeugen könnten. Allein nach den Versuchen von Pouillet [3] ist weder der Blutumlauf an sich, noch auch die Nerventhätigkeit mit Entwickelung von Elektricität verbunden. Es wurden nämlich mit einem empfindlichen Mul-

---

1 Zu dieser Annahme berechtigen vorzugsweise auch die Versuche von Kämtz (s. **Säule**), wonach sich aus blossen organischen Substanzen ohne irgend ein Metall Volta'sche Säulen herstellen lassen.

2 Mem. della R. Accad. delle Sc. di Torino. T. XXIV u. XXV. Journ. de Phys. T. V. p. 336.

3 Journ. de Phys. par Magendie. T. V. p. 1.

tiplicator vereinte Drähte an verschiedenen Stellen des lebenden menschlichen Körpers so eingestochen, dass ihre Spitzen mit dem strömenden Blute oder den Nerven in Verbindung standen. Waren die Drahtspitzen oxydirbar, so zeigten sich allerdings Spuren von Elektricität, bei nicht oxydirbaren aber, namentlich von Platin, zeigte sich nicht die geringste Wirkung. Wegen der Sicherheit der hierdurch erhaltenen Resultate blieb man dabei stehen, die spontane Entwickelung der Elektricität im lebenden menschlichen Körper zu verneinen. Später machte Donné[1] Versuche bekannt, durch die er mit Anwendung empfindlicher Multiplicatoren einen elektrischen Gegensatz zwischen der Haut und den schleimigen Membranen des Mundes aufgefunden zu haben vermeint. Dieses bestätigte Matteucci[2] durch eigene Versuche, und erweiterte es, indem er auch zwischen Magen und Leber und anderen Theilen des Körpers einen solchen Gegensatz auffand. Das negative Resultat der Versuche Pouillet's will er daraus erklären, dass die Nerven zu vollkommene elektrische Leiter seyn sollen, was wohl keinen Beifall finden dürfte; vielmehr könnte man fragen, ob bei zu grosser Entfernung der Drahtspitzen von einander der Widerstand nicht jede Wahrnehmung eines elektrischen Stromes gehindert habe. Nach seiner Ansicht sollen diese Erscheinungen mit dem Lebensprocesse zusammenhängen und mit diesem zugleich aufhören, wogegen aber Donné streitet, der sie vielmehr vom Gegensatze der Alkalität und Acidität der hierbei in Conflict gebrachten Theile ableitet. Auch Vegetabilien, namentlich Obstarten, sollen mit Anwendung eines empfindlichen Multiplicators Abweichungen der Nadel zeigen, wenn man zwei Platindrähte, den einen in den Stiel, den andern in die Blume, einsenkt. Aehnliche Versuche an Thieren haben die Italiener Pucinotti, Pacinotti, Zantedeschi und Favio angestellt und eigenthümliche vitale elektrische Ströme in den Animalien gefunden, die weder thermoelektrisch noch elektrochemisch, sondern von eigenthümlicher Beschaffenheit seyn sollen[3]. Die ganze Aufgabe wird übrigens dadurch noch schwieriger, dass ganz gleich scheinende Platindrähte dennoch leicht in so weit

---

1 Ann. de Chim. et Phys. 1834. Déc.
2 L'Institut. 1834. N. 75.
3 Lond. and. Edinb. Philos. Magaz. N. CXVIII. p. 271.

verschieden seyn können, um beim Eintauchen in leitende flüssige oder feuchte Körper die Nadel eines sehr empfindlichen Multiplicators abweichen zu machen.

Aller dieser Bemühungen ungeachtet musste die Identität des elektrischen und des Nervenfluidums zweifelhaft bleiben, denn bei der ausserordentlichen Empfindlichkeit der gegenwärtig zu Gebote stehenden Apparate, durch welche die schwächsten elektrischen Strömungen wahrnehmbar sind, musste man erwarten, auch die in den Nerven vorhandenen deutlich und unverkennbar nachzuweisen, wenn solche in der Wirklichkeit existirten, und wirklich ist es auch den anhaltenden Bemühungen Matteucci's gelungen, die Aufgabe mindestens einen bedeutenden Schritt weiter zu fördern. Seine Hauptversuche gewinnen dadurch an Gewicht, dass die Resultate durch Augenzeugen, namentlich Dumas, v. Humboldt und Andere bestätigt sind. Matteucci präparirte den Nerv eines Froschschenkels, legte das Ende desselben auf den präparirten Schenkel eines andern Frosches, und wenn letzterer auf irgend eine Weise, namentlich auch durch Galvanismus gereizt wurde, so erfolgte auch Contraction im ersteren. Hätte dieser Erfolg bloss bei Anwendung des Galvanismus stattgefunden, so konnte leicht im verbundenen Frosche durch eine Art elektrische Induction gleichfalls ein galvanischer Reiz erzeugt werden, allein selbst mechanische Reize blieben nicht ohne Wirkung. Auffallend ist folgender, mir nicht wohl erklärbarer, Zusatz. Wenn unter den Nerv des ersten Frosches ein Stück ungeleimtes feines genässtes Papier gelegt wurde, so dass also die Strömung durch dieses fortgeleitet werden musste, so erfolgten Zuckungen, blieben aber aus, wenn er statt dessen ein dünnes Goldblättchen darunter legte. Matteucci präparirte ferner den Nerv eines Froschschenkels und legte ihn der Isolirung wegen in ein gut gefirnisstes, mit Wasser gefülltes Glas, welches der Beobachter frei halten musste. Wurde dann das eine Ende dieses Nervs in die Wunde eines lebenden oder eben getödteten Frosches gebracht und mit dem andern der entblösste Muskel desselben berührt, so entstanden augenblicklich Contractionen, die ihm hiernach durch einen elektrischen Strom in den Nerv erregt zu seyn schienen[1]. Die in den Muskeln spontan ent-

[1] Compt. rend. T. XV. N. 17. p. 797.

wickelte Elektricität gleicht nach ihm der des Zinks in Säuren. Verbindet man das Innere des Muskels eines lebenden Thiers durch einen galvanometrischen Draht oder mittels des Froschschenkels mit einem andern Theile desselben Thiers, dem Nerven, der Oberfläche eines Muskels, der Haut u. s. w., so zeigt sich ein elektrischer Strom [1].

Die späteren Versuche MATTEUCCI's beziehen sich auf die Construction von Säulen aus Theilen thierischer Körper. Er verband den Nerv eines Frosches mit den Füssen eines zweiten, den Nerv des zweiten mit den Füssen eines dritten u. s. w. und bildete auf diese Weise eine galvanische Kette, deren Pole er mittelst genässten Fliesspapiers mit den Platindrähten eines 2500 Windungen enthaltenden Multiplicators verband und beim Schliessen Bewegüngen der Nadel erhielt. Ferner fand er, dass bei dem Schenkel des Frosches der elektrische Strom vom äussersten Ende nach dem Centrum, bei den Muskeln warmblütiger Thiere aber umgekehrt gerichtet ist. Als Endresultat glaubte er gefunden zu haben, dass die Versuche die Existenz eines freien elektrischen Stromes im lebenden Thiere nicht beweisen, auch nicht auf eine freie Circulation der Elektricität in den nervösen Fibern schliessen lassen. Die Linien des elektrischen Stromes bestehen übrigens auch ohne die Integrität des nervösen Systems. Nach seiner Ansicht wird die Elektricität durch den speciellen chemischen Process der Assimilation hervorgebracht, obgleich ein beständiger elektrischer Strom hierbei ebenso wenig existirt, als bei der Verbindung einer Säure und eines Alkali. GUERARD hat bei ähnlichen Versuchen wenig abweichende Resulate erhalten, beide aber meinen, die Sache müsse erst durch fortgesetzte Untersuchungen klarer werden [2]. Diese anzustellen hat MATTEUCCI nicht unterlassen, den einmal aufgenommenen Gegenstand eifrig verfolgend. So entdeckte er, dass bei den Säulen, die aus einer Verbindung der Muskeln der Frösche mit den Nerven der Füsse gebaut sind, Zusammenziehungen der Frösche erfolgen, wenn man die Berührungsstellen der Muskeln und Nerven mit Alkali betupft, wobei sich auch eine vermehrte Abweichung der Magnetnadel

1 L'Inst. 1841. 9me Ann. N. 403. 10me Ann. N. 426. p. 66.

2 Ebendas. 10me Ann. N. 466. p. 426.

zeigt[1]. Er blieb nicht dabei stehen, solche Säulen aus Fröschen und überhaupt kaltblütigen Thieren zu construiren, sondern suchte sie auch aus warmblütigen zu Stande zu bringen, um so mehr, da er früher schon entdeckt hatte, dass ein elektrischer Strom in den Muskeln aller Thiere existirt, welcher vom Innern nach der Oberfläche gerichtet ist. Wirklich gelang es ihm, aus fünf Tauben eine Säule zu construiren, indem er beim einen Schenkel das Innere, beim andern das Aeussere des Muskels bloss legte und durch Berührung mit einander in Verbindung setzte. Es zeigte sich, dass die durch die Abweichung der Multiplicatornadel gemessene Intensität des Volta'schen Stromes um so viel stärker ist, auf einer je höheren Stufe das Thier steht, dass aber die Wirkungsäusserung in gleichem oder noch grösserem Masse schneller verschwindet, weswegen es so schwer hält, solche Ketten zu bilden und ihre Wirkung wahrzunehmen[2].

Spätere Versuche[3] mit Säulen aus lebenden Tauben construirt bestätigten die früher erhaltenen Resultate, die Aufgabe wird aber durch den Umstand erschwert, dass die elektrische Kraft bei warmblütigen Thieren mit dem Tode so schnell schwindet und es so schwer hält, die zu den Versuchen verwandten Individuen bei den nothwendigen Verwundungen und dem Binden längere Zeit am Leben zu erhalten. Nach seiner Ansicht entwickelt der chemische Process, durch welchen die Bildung der Theile des thierischen Körpers erfolgt, zugleich die Elektricität und Wärme. Insofern aber ein elektrischer Strom Contractionen der Muskeln erzeugt, stellte er sich die Aufgabe, in welchem Verhältniss die Stärke des elektrischen Stromes, gemessen durch die Quantität des aufgelösten Zinks, zur Kraftäusserung der Muskeln stehe. Durch Versuche mit mehr als 2000 Fröschen, deren zusammengebundene Schenkel er mit einem Bleigewichte beschwerte, welches die sich contrahirenden Muskeln in Folge eines durch die Nerven geleiteten elektrischen Stromes zu einer gemessenen Höhe hoben,

1 Compt. rend. T. XVI. p. 197.

2 Ebend. T. XVIII. N. 11. p. 443. Eine Zusammenstellung der vorzüglichsten Resultate findet man in Becquerel Traité de Physique etc. T. II. Par. 1844. p. 600 ff.

3 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. XI. p. 403.

gelangte er zu dem Resultate, dass die erregte Muskelkraft der Stärke des elektrischen Stromes direct proportional sey. Aus den erhaltenen Werthen, die er jedoch selbst nur als genähert betrachtet, geht hervor, dass der mechanische Nutzeffect, welchen der elektrische Strom durch seine Einwirkung auf die Muskelkraft zu erzeugen vermag, diejenigen weit übertrifft, die durch todte mechanische Vorrichtungen erhalten werden. Man begreift übrigens leicht, dass sich keine praktische Anwendung hiervon machen lässt, auch stehen die unbedeutenden schwachen Ströme, welche MATTEUCCI in thierischen Körpern nachgewiesen hat, zu den starken, durch mehrere Elemente der Kohlensäure erzeugten, welche die Muskelcontractionen bewirkten, in gar keinem Verhältniss, so dass es vor der Hand zu gewagt seyn würde, die Aeusserungen der Muskelkraft, namentlich des Herzens, in lebenden Thieren von der gleichzeitig spontan hierin entwickelten Elektricität abzuleiten.

Elektricität, unterirdische. III. 776.
Elektricität, verstärkte. S. **Flasche.** IV. 378.

Zus. Die Elektricitätslehre ist seit der Abfassung der einschlägigen Artikel bedeutend[1] und zwar vorzugsweise durch FARADAY erweitert worden, weswegen es sich wohl der Mühe lohnt, dasjenige, was er neu hinzugesetzt hat, den wesentlichsten Elementen nach hier mitzutheilen. Seine Untersuchungen sind fast insgesammt in den Philos. Trans. enthalten, die ersten 14 Reihen besonders herausgegeben[2]. Die Abhandlungen in fortlaufenden Paragraphen finden sich sämmtlich übersetzt in Poggendorff's Annalen, worauf sich die folgenden Citate beziehn. Hier kann nur dasjenige berücksichtigt werden, was er in Beziehung auf Reibungselektricität geleistet hat. Voraus zeigt er, dass alle Elektricitäten, auf welche Weise sie auch erzeugt werden, dem Wesen nach sich gleich sind. Hierbei unterscheidet er Spannungselektricität (statische) von der strömenden (dynamischen), nennt als der ersten eigenthümlich die Anziehung und Abstossung in messbare Fernen, als der letz-

---

1 Eine Zusammenstellung der Elektricitätslehre nach ihrem jetzigen Standpuncteist durch P. RIESS geliefert in: Repertorium der Physik von H. W. DOVE. Bd. II. S. 1. Berl. 1838, wodurch man sich eine Uebersicht des Ganzen verschaffen kann.

2 Experimental researches on Electricity. Lond. 1839. 8.

ten aber zukommend Wärmeerregung, Erzeugung des Magnetismus, chemische Zersetzungen, physiologische Wirkungen und Funken. Demnächst zeigt er, meistens durch neue Versuche, dass alle diese Wirkungen durch die Volta'sche und ebenso durch gemeine Elektricität, worunter er die durch Elektrisirmaschinen, die Atmosphäre, Druck oder Spaltung von Krystallen oder sonstige Ursachen erzeugte versteht, hervorgebracht werden. Namentlich wiederholte er zu diesem Ende COLLADON'S bekannten Versuch und fand, dass die Nobili'sche Magnetnadel allerdings durch den Strom der Reibungselektricität abgelenkt wird. Die chemischen Wirkungen des letzteren hat er durch eine Menge grösstentheils neuer Versuche ausser Zweifel gesetzt. Hierzu bediente er sich hauptsächlich einer Glasscheibe, legte auf diese zwei Stücke Stanniol und setzte diese durch Drähte mit dem Conductor und dem Reibzeuge der Maschine in Verbindung. Auf jedes der Staniolblättchen legte er einen an seinem einen Ende aufgebogenen Platindraht, dessen anderes den in der Mitte zwischen beiden befindlichen Tropfen der zu zersetzenden Flüssigkeit berührte. Diese Flüssigkeiten waren schwefelsaures Kupfer, wobei sich der Draht mit metallischem Kupfer überzog, mit der Hälfte Wasser verdünnte Salzsäure durch schwefelsauren Indigo tief blau gefärbt, und Iod-Kalium-Lösung mit Stärke; auch wandte er, statt des Tropfens, Fliesspapier an, welches mit Iod-Kalium-Lösung befeuchtet war, und Lakmus- oder Curcumä-Papier mit Glaubersalzlösung befeuchtet. Um die Aehnlichkeit noch weiter zu treiben, legte er drei aus Lakmus- und Curcumä-Papier bestehende, mit Glaubersalzlösung befeuchtete, Papierstreifen getrennt auf einer Glasscheibe in eine Reihe, verband die äussersten mit der Maschine und auf der anderen Seite durch Platindrähte mit dem mittleren. In allen diesen Fällen zeigten sich die chemischen Zersetzungen, und zwar am leichtesten, wenn der Leitungsdraht der Maschine durch einen nassen Bindfaden unterbrochen worden war; denn man muss das Ueberschlagen der Funken vermeiden, durch die sonst leicht etwas Salpetersäure aus der Luft gebildet wird, was den Erfolg unsicher macht. Den bekannten Wollaston'schen Versuch mit zwei in Glas eingeschmolzenen Drahtspitzen hält er allerdings für beweisend, jedoch entscheidet er nicht darüber, ob dabei wirklich an jedem Ende beide Gase vereint entwickelt

werden. Um die physiologische Wirkung derjenigen des galvanichen Stromes ähnlicher zu machen, legte er ein Platinblech auf die Zunge, verband dieses mit einem nassen Faden und entlud dadurch eine nicht stark geladene Flasche. Eine genaue Untersuchung ergiebt auf gleiche Weise, dass auch die Magnetoelektricität und die durch die Fische entwickelte, von ihm thierische genannt, die nämlichen Wirkungen äussern. Sehr interessant sind die von ihm dann angestellten Massbestimmungen, indem er Batterieen von ungleich vielen gleichen Flaschen zu ungleicher Spannung lud, den Funken durch dickere oder dünnere Drähte oder genässte Fäden entlud und aus den in bestimmten Zeiten erhaltenen Ablenkungen der Multiplicatornadel fand, dass die ablenkende Kraft der Elektricität der in gleichen Zeiten durch den Leiter strömenden Menge von Elektricität ohne Rücksicht auf ihre Spannung proportional ist. Durch ähnliche feine Mittel verglich er die ablenkende und chemische Kraft der Reibungselektricität mit derjenigen, welche durch eine kleine Säule aus einem kurzen Ende eines Platin- und eines Zinkdrahtes mit schwach gesäuertem Wasser erzeugt wurde, und fand hierdurch das aufgestellte Gesetz bestätigt, überzeugte sich aber zugleich von der geringen Menge der durch Reibung erzeugten Elektricität, verglichen mit der eines noch so kleinen Volta'schen Apparates [1].

Faraday modificirte die Zersetzungsversuche durch Maschinen-Elektricität noch auf mannigfaltige Weise; doch bedarf es einer detaillirten Beschreibung nicht, wenn man nur im Allgemeinen bemerkt, dass er Zersetzung der genannten Substanzen ohne merkliche Aenderung der Resultate erhielt, sobald er den elektrischen Strom durch nasse Schnüre bis zur Länge von 70 Fuss leitete; auch fehlten sie nicht, wenn die Ableitung der zugeführten Elektricität statt eines Drahtes durch eine nasse Schnur bewerkstelligt wurde oder selbst, wenn beide fehlten und die Elektricität sich in die Luft zerstreute, selbst wenn zugespitzte Streifen benetzten Papiers auf Isolatoren befestigt zwischen zwei Spitzen der Conductoren gehalten oder nur dem einen Conductor frei in der Luft genähert wurden [2].

Was Faraday weiter in der Reibungselektricität geleistet

1 Poggendorff Ann. Bd. XXIX. S. 274. 365.
2 Ebendas. Bd. XXXII. S. 401.

hat, bezieht sich hauptsächlich auf die sogenannte Vertheilung oder den elektrischen Wirkungskreis, worüber unter **Induction** gleichfalls das Wesentlichste nachgetragen werden soll. Diesen Untersuchungen sind die 11., 12., 13. und 14. Reihe gewidmet, die zwar rücksichtlich aufgefundener neuer Thatsachen keine grosse Ausbeute gewähren, dagegen aber eine genaue Beachtung verdienen, weil auch auf die hieraus erhaltenen Resultate die neue Theorie angewandt wird.

Unter den Versuchen verdienen jedoch diejenigen hervorgehoben zu werden, welche mit einem grossen hohlen Würfel angestellt wurden. Dieser bestand aus einem Holzrahmen von 12 Fuss Seite, welcher mit Kupferdraht umwunden dann mit Papier und auf allen Flächen mit Stanniol überklebt wurde. Nachdem durch das Drehen einer grossen Elektrisirmaschine die Luft im Zimmer elektrisch gemacht, hauptsächlich aber nachdem der ganze isolirte Würfel als ein Conductor geladen war, zeigte ein Metalldraht, dessen eines Ende mittelst einer langen Glasröhre isolirt in die Mitte desselben gebracht war, keine Spur freier Elektricität, ja als Faraday selbst sich in der Mitte des Würfels befand, konnte er diese mit feinen Elektrometern nicht wahrnehmen. Es ist klar, dass dieser Apparat die von Biot angegebenen isolirten hohlen Halbkugeln, welche eine massive innere einschliessen, weit übertrifft. Aus diesen Resultaten wird gefolgert, dass bisher weder Leitern noch Nichtleitern eine absolute und unabhängige Ladung von bloss einer Elektricität mitgetheilt und dass dieser Zustand der Materie unmöglich sey, welcher jedoch nach der Hypothese von zwei vorhandenen Elektricitäten möglich seyn müsste. Die Richtigkeit dieses Schlusses ist indess durchaus unbegründet, denn vorausgesetzt, dass die im getrennten Zustande als kenntlich verschieden auftretenden Elektricitäten im gewöhnlichen gebundenen Zustande sich neutralisiren, so muss allezeit die eine entweichen, wenn die andere wirksam auftreten soll, was sich dann auch mindestens nicht widerlegen lässt, da wir keinen vollkommenen Isolator haben, und es muss daher auch wohl zugegeben werden, dass bei den Turmalinen u. s. w. gleichfalls die eine Elektricität entweicht oder am andern Pole aufgehäuft wird, wenn die andere und noch obendrein wechselnd hervortritt. Faraday übergeht diese Erscheinungen, die man allerdings wohl zur Widerlegung der von ihm behaupteten Unmöglichkeit des Auftretens

nur einer Elektricität aufführen könnte. Zur Anstellung der zahlreichen Vertheilungsversuche diente ein dem Wesen nach zur Classe der elektrischen Flaschen gehöriger Apparat, Differential-Inductor genannt, welcher allerdings die Aufmerksamkeit der Physiker verdient. Eine aus zwei luftdicht schliessenden, inwendig gut polirten Hälften bestehende messingne Kugel a a ist mit dem Hahnstück c verbunden, um sie auf die Luftpumpe zu schrauben. Oben geht durch die Dille g der Schellack-Träger der innern Kugel h, die an dem messingnen Stiele i festsitzt, auf dessen oberem Ende der Messingknopf B sitzt. Dieser Stiel ist von der Schellackmasse l l umgeben und mittelst derselben in dem Halse g luftdicht eingekittet. Die Kugel h hat bei n eine kleine Oeffnung, damit die Luftart, welche den innern Raum der äussern grössern Kugel füllt, eindringen könne. Um die Vertheilung der Elektricität in den verschiedenen Gasen oder Flüssigkeiten zu untersuchen, macht man die Kugel luftleer und lässt die getrockneten Gase hineintreten, oder man kann sie auch mit Wasser füllen und die Gase hineinsteigen lassen, was jedoch seltener geeignet seyn dürfte. Ueber das Einbringen der Flüssigkeiten durch die Röhre ist nicht nöthig eine Anweisung zu geben, wie sich denn auch von selbst versteht, dass man leicht alle geeignete Substanzen in den Zwischenraum bringen könne. Die zahlreichen damit angestellten Versuche bieten keine mit der gewöhnlichen Theorie unvereinbaren Resultate dar, doch ist es wichtig, die daraus abgeleiteten Folgerungen kennen zu lernen. Nachträglich hat FARADAY [1] noch interessante Versuche mitgetheilt, die sich übrigens aus den bekannten Gesetzen der Vertheilung leicht erklären lassen. Isolirt man einen metallenen Becher, welcher unten mit einem Elektrometer verbunden ist, und senkt man eine elektrisirte Kugel an einem Seidenbande in denselben herab, so divergirt das Elektrometer; die Divergenz erreicht ihr Maximum, wenn die Kugel ungefähr in der Mitte ist. Stehen mehrere isolirte Becher in einander, so zeigt der äusserste dieselbe Erscheinung, auch wenn einige der Becher leitend verbunden sind.

Fig. 2.

FARADAY fühlt sich gezwungen, zwei Kräfte (Elektricitäten)

1 Lond. and Edinb. Phil. Magaz. T. XXII. p. 200. Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 603.

oder zwei Formen (Richtungen) einer einzigen Kraft anzunehmen, die sich weder bei der statischen, noch bei der dynamischen Elektricität trennen lassen, und mit deren einer einzeln kein Körper geladen werden kann. Der Umstand, dass Eis isolirt, mithin durch metallische Belegung desselben Vertheilung erzeugt werden kann, wogegen nach dem Flüssigwerden Zerlegung eintritt, was auch bei andern Körpern stattfindet, brachte die Vermuthung hervor, auch die Vertheilung sey stets eine Wirkung angrenzender Theilchen, und eine Wirkung in die Ferne finde niemals anders als durch vermittelnden Einfluss einer dazwischen liegenden Substanz statt. Einen Hauptbeweis hierfür findet er in dem Umstande, dass die Vertheilung auch in krummen Linien geschieht, und dass es unmöglich ist, irgend eine elektrische Ladung ohne die Anwesenheit einer Materie zu bewerkstelligen, wonach dann die Vertheilung eine Wirkung der Körpertheilchen seyn soll, von denen jedes beide Kräfte (Elektricitäten) zu genau gleichem Betrage entwickelt enthält. Man begreift, dass es leicht seyn muss, nach dieser Hypothese die Wirkungen der Reibungselektricität zu erklären, welche Faraday unter den Bezeichnungen der elektrolytischen und der zerreissenden Entladung zusammenstellt. Die letztere findet dann statt, wenn der Funke durch Nichtleiter dringt, und hierunter sind daher die werthvollen Versuche enthalten, woraus hervorgeht, dass die meisten Gase den Funken schwerer durchlassen, als die atmosphärische Luft. Ueber den Funken selbst giebt Faraday folgende dunkle Erklärung: „Er ist eine Entladung oder Schwächung des inductiven Polarisationszustandes vieler dielektrischen Theilchen durch eine besondere Wirkung einiger weniger dieser Theilchen, die einen sehr kleinen und beschränkten Theil einnehmen; alle zuvor polarisirte Theilchen kehren dabei in ihren anfänglichen oder normalen Zustand zurück, in umgekehrter Ordnung, in welcher sie ihn verlassen haben, und sie vereinigen mittlerweile ihre Kräfte, um den Entladungseffect zu erzeugen oder vielmehr fortzusetzen, an dem Orte, wo der Umsturz der Kraft zuerst stattfand. Es macht dieses auf mich den Eindruck, als ob die wenigen Theilchen, die sich am Orte der Entladung befinden, nicht bloss zur Seite gestossen, sondern in einen gewissen temporär höchst aufgeregten Zustand versetzt würden, d. h. als ob sie nach und nach alle umgebenden Kräfte auf sich häuften und demgemäss zu einer Intensi-

tät des Zustandes gesteigert würden, die vielleicht der von chemisch sich verbindenden Atomen gleich ist, und somit ihre Kräfte durch eine uns für jetzt unbekannte Art entlüden." Eigene Versuche über das eigenthümliche Licht des Funkens in verschiedenen Gasen bestätigten im Ganzen das bereits hierüber Bekannte; elektrische Lichtbüschel erzeugte er unter andern auch in Terpentinspiritus, wo sie jedoch nur schwierig hervorgebracht werden, in verdünnter Luft und in verschiedenen Gasen; über die Verschiedenheiten, welche die positive und negative Elektricität in dieser Beziehung darbieten, hat er viele beachtenswerthe Thatsachen beigebracht, zur genauen Ermittelung des zwischen beiden wirklich vorhandenen Unterschiedes müssten aber die sie gebenden Theile der Maschine völlig gleich seyn, was selbst durch die von PFAFF empfohlene (Bd. III. S. 443) nicht ganz erreicht wird, bei welcher übrigens die Funken beider Elektricitäten einander völlig gleich seyn sollen.

Für eine Theorie, „die alle elektrische Erscheinungen auf eine Wirkung angrenzender Theilchen bezieht," war wohl das Verhalten im leeren Raume die allerwichtigste Frage, allein man wird im höchsten Grade überrascht, wenn man unter der wahrhaft zahllosen Menge von Versuchen nicht einen einzigen hierauf bezüglichen findet. Obgleich FARADAY seine reiche Belesenheit sonst überall genügend bekundet, so finden wir nichts weiter als die Angabe von MORGAN[1], dass ein Vacuum nicht leite, und eine kurze Erwähnung der Versuche H. DAVY's[2], worüber es bloss heisst: „H. DAVY schloss aus seinen Untersuchungen, dass, so vollkommen er ein Vacuum darstellen könnte, es leite; allein er betrachtete die von ihm dargestellten Vacua nicht als absolut." Unmöglich kann dieses bei einem so entscheidenden Puncte genügen, noch weniger wenn es heisst: „bei dergleichen Versuchen glaube ich die leuchtende Entladung hauptsächlich an der Innenfläche des Glases beobachtet zu haben, und es scheint nicht ganz unwahrscheinlich, dass, wenn das Vacuum nicht leitet, es doch die dasselbe begrenzende Oberfläche thut." Seine Theorie, meint er, sey durch Versuche mit leeren oder anders beschaffenen Räumen noch nicht hinreichend begründet, um anzugeben, was in einem

1 Philos. Trans. 1785. p. 272.
2 Ebendas. 1822. p. 64.

Vacuum geschehn würde. Bis jetzt habe er sich nur bemüht, festzustellen, dass alle elektrische Erscheinungen bedingt und erzeugt werden durch die Wirkung angrenzender Körpertheilchen, das nächste als ein angrenzendes betrachtet, dass ferner diese Theilchen polarisirt werden, dass jedes zwei Kräfte oder eine Kraft in zwei Richtungen zu wirken besitzt, und dass sie nur durch Wirkung auf die angrenzenden und intermediären Theilchen in die Ferne wirken. Diese Theorie soll indess die Wirkung in die Ferne nicht ausschliessen. Gesetzt es befände sich ein positiv elektrisches Theilchen im Mittelpuncte eines Vacuums von einem Zoll Durchmesser, so würde es aus dieser Entfernung auf alle die Grenzfläche der Kugel bildenden Theilchen mit einer dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportionalen Kraft wirken; wäre die Kugel aber mit einer isolirenden Substanz erfüllt, so würde es seine ganze Kraft auf die Polarisirung der angrenzenden Theilchen verwenden, in ihnen auf der zugewandten Seite eine negative, auf der abgewandten eine positive, beide der eigenen gleich, erzeugen, so dass die Oberfläche der Kugel dann auf gleiche Weise indirect, wie durch den leeren Raum direct, in beiden Fällen mit gleicher Kraft polarisirt würde.

Gleich nach Bekanntwerdung der Davy'schen Versuche habe ich zwei etwas über 2 Lin. im Durchmesser haltende Glasröhren anfertigen lassen, in denen oben ein 0,1 Lin. dicker Platindraht eingeschmolzen ist, und die dann mit Quecksilber so vollkommen ausgekocht sind, dass sie auf die Luftpumpe geschraubt ein vollendetes Torricelli'sches Vacuum geben. Wird dem Platindraht Elektricität zugeführt, so bildet sich ein als stumpfer Kegel vom Knöpfchen des Drahtes ausgehender, an einigen Stellen röthlich, unten grünlich gefärbter, die ganze Röhre füllender, zwei bis sechs oder acht Zoll langer, auf der unteren Quecksilberfläche mehrere glänzende Lichtpünctchen zeigender, hell glänzender, sehr beweglicher und sichtbar strömender Cylinder. Wollte Faraday eine neue Theorie begründen, so wäre es wohl der Mühe werth gewesen, da ihm alle denkbare Mittel zu Gebote stehen und seine überlegene Fertigkeit im Experimentiren ganz allgemeine Anerkennung findet, diese Versuche zu wiederholen, in welchem Falle er sich bald überzeugt haben würde, dass die Elektricität sich nicht an den Wandungen hinzieht, sondern den ganzen bis 8 Zoll langen

Torricelli'schen Raum durchströmt. Allerdings konnte er seine Theorie durch Annahme vorhandener Quecksilberdämpfe retten; hätte er aber die bekannte verschwindende Dichtigkeit dieser Dämpfe namentlich in niederen Temperaturen mit der Dichtigkeit des leuchtenden Cylinders verglichen, so würden ihm wahrscheinlich gewichtige Zweifel aufgestossen seyn, da bekanntlich eine einzige Thatsache eine übrigens noch so wohl begründete Theorie umzustossen vermag.

Ein elektrischer Strom ist nach FARADAY ein allgemeiner Ausdruck für einen gewissen Zustand und eine gewisse Beziehung von als wandernd vorausgesetzten elektrischen Kräften. Solcher Ströme sind allezeit zwei vorhanden, beide überall einander gleich und in der ganzen Länge ihrer Bahn von gleicher Stärke, wonach also die ohnehin von BECQUEREL[1], ANDREWS[2] und OHM[3] widerlegte Hypothese der Unipolarität von selbst wegfällt. Die einzige bis jetzt bekannte Seitenwirkung des elektrischen Stromes ist die Erzeugung des Magnetismus, doch könnten vielleicht noch andere existiren, wiewohl alles, was sich hierüber beibringen lässt, bloss hypothetisch bleibt. Alle Erregungen der Elektricität werden sich dereinst unter ein gemeinschaftliches Gesetz bringen lassen. Der einfachste Fall findet statt, wenn zwei isolirte Theilchen sich chemisch verbinden, und wenn dieses durch Aneinanderliegen mehrerer Theilchen zu einem Strome wird, so lassen sich alle elektrische Erscheinungen hierauf zurückführen. Die Fähigkeit, einen erregten elektrischen Zustand anzunehmen, scheint eine primäre Thatsache zu seyn, doch können einzelne Theilchen diesen besondern Zustand nicht unabhängig von einander annehmen, sondern sie erhalten in Bezug auf einander den positiven oder negativen, und dieses auch nicht willkürlich. Ein Zink- und ein Sauerstofftheilchen z. B., die neben einander liegen, üben Vertheilungskräfte auf einander aus, die sich bis zum Verbindungspuncte steigern. War das Sauerstofftheilchen mit Wasserstoff verbunden, so muss das durch stärkere Kraft losgerissene Wasserstofftheilchen seine Kraft auf das nächste Sauer-

1 Ann. Chim. et Phys. T. XLVI. p. 238.
2 Philos. Magaz. T. IX. p. 182.
3 Schweigg. Journ. Bd. LIX. S. 385.

stofftheilchen äussern, und indem dieses so fort geht, entsteht der elektrische Strom. Diese Wirkung der Theilchen kann in zwei Theile zerfällt werden, in die, welche stattfindet, während die Kraft in einem Sauerstofftheilchen gegen das Zinktheilchen gesteigert wird, gegen das verbundene Wasserstofftheilchen aber abnimmt, und in die, welche stattfindet, wenn die wirkliche Trennung und Vereinigung eintritt; die erste erzeugt den Strom oder bei offener Säule den Spannungszustand der Pole, die andere bedingt die Fortsetzung des Stromes, indem stets neue Theilchen in Conflict kommen. Die Erzeugung der Reibungselektricität hat hiermit einige Aehnlichkeit, obgleich sich grosse Schwierigkeiten entgegenstellen, wenn man eine wirkliche neue Vereinigung verlangt. Von beiden geriebenen Körpern muss wenigstens einer ein Isolator seyn (?); die Theilchen entgegengesetzter Art müssen mehr oder weniger dicht zusammengebracht werden, so dass sie dem Zustande chemischer Vereinigung nahe kommen. In solchen Momenten mögen sie durch ihre gegenseitige Vertheilung und theilweise Entladung auf einander sehr erhöhete entgegengesetzte Zustände erhalten, und wenn sie, im Fortgange des Reibens, einen Augenblick hernach aus ihrer gegenseitigen Nachbarschaft gerissen werden, können sie diesen Zustand behalten und ihn nach ihrer vollständigen Trennung zeigen[1].

Eine Beurtheilung der Theorie eignet sich besser für die Nachträge zum Art. **Galvanismus**, weil die hierzu gehörigen Erscheinungen unter den gesammten elektrischen die vorzüglichsten sind und FARADAY sich mit diesen vorzugsweise beschäftigt hat.

Ueber die Elektricität im luftverdünnten Raume hat HARRIS[2] eine Reihe von Versuchen angestellt, die von P. RIESS wiederholt und bestätigt wurden[3]. Es zeigte sich die Schlagweite einer geladenen Flasche der Verdünnung der Luft direct proportional, betrug also bei der Verdünnung auf die Hälfte genau das Doppelte. Erhitzung der Luft in einem Ballon und dadurch vermehrte Elasticität zeigten keinen Einfluss. Ein

1 Poggendorff Ann. Bd. XLVI. S. 1. 537. Bd. XLVII. S. 33. 271. 529. Bd. XLVIII. S. 269. 424. 513. Ergänzungsband S. 249.

2 Philos. Trans. 1834.

3 Poggendorff Ann. Bd. XLI. S. 99.

dünner Draht, welcher durch 5 Quadratfuss Belegung geschmolzen wurde, blieb nach dem Exantliren unversehrt bei 25 Quadratfuss, indem die Elektricität über ihn hinfloss. Ein Draht mit einem Knopfe ging in eine Campane herab, und war aussen mit einem Elektroskope verbunden, dessen Divergenz bei einer Verdünnung bis $\frac{1}{60}$ sich nicht änderte. Ein Elektrometer unter eine Campane gestellt verlor seine Divergenz nicht bei einer Verdünnung auf $\frac{1}{70}$ und sogar $\frac{1}{300}$, woraus Harris folgert, dass die Elektricität nur dann entweicht, wenn ein Leiter bis zur Schlagweite genähert ist.

Interessante Versuche über Elektricitätserregung durch verdampfendes Wasser hat G. H. Armstrong angestellt[1]. Die veranlassende Entdeckung war, dass ein Arbeiter seine Hand in den Dampfstrom aus einem Risse in einem Dampfkessel hielt, mit der andern aber das Ventil berührte, und dabei eine elektrische Einwirkung wahrnahm. Die Untersuchungen bei gewöhnlichen Dampfkesseln und dem isolirten einer Locomotive, wobei zugleich Glasröhren mit Hahnen eingeschraubt waren, ergaben, dass die elektrische Erregung nur bei Anwendung von schmutzigem Wasser stattfindet, dass der Dampf allezeit positiv elektrisch, der Kessel aber negativ elektrisch wird. Bei wachsender Spannung wächst die Elektricität des Dampfes minder merklich, die des Kessels dagegen ungemein, auch tritt merkliche Verstärkung ein, wenn der Dampf Wasserpartikeln mit fortreisst; die stärksten Wirkungen erhält man aber am Kessel, wenn die Elektricität des Dampfes durch eiserne Spitzen abgeleitet wird und der Dampf beim Ausströmen Widerstand findet. Aufmerksam gemacht auf die erstaunlichen Wirkungen der auf diese Weise erzeugten Elektricität liessen die Vorsteher des polytechnischen Instituts zu London einen Riesenapparat (Hydroelectric Machine) verfertigen, einen eisernen Dampfkessel von 3,5 Fuss Durchmesser und 6,5 Fuss Länge mit der Heizung im Innern und auf 6 starken Glassäulen ruhend. Der Dampf entweicht aus 46 eisernen Röhren, in deren Mündung ein Pfropfen von hartem Holze durch eine messingene Kappe

---

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. XVII. p. 370. 452. T. XVIII. p. 50. T. XXII. p. 1. T. XXIII. p. 194. Poggendorff Ann. Bd. LII. S. 328. Bd. LX. S. 348. Vergl. Philos. Trans. 1843. P. 1. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. X. p. 88. L'Instit. XIme Ann. N. 520. p. 435.

Fig. 3. festgehalten wird, wie aus der Zeichnung des ganzen Kopfstücks mit seinem Hahn, um den Dampf zu einer Spannung von 40 bis 75 ℔ auf den Quadratzoll zu spannen, ersichtlich ist. Die Masse der Elektricität, die in mehrere Zoll langen Funken überspringt, aber am stärksten auftritt, wenn sie aus einem kurzen Abstande einströmt, war so gross, dass eine Flasche, die mit der Riesenmaschine des Instituts 50 mal in einer Minute überschlug, durch den Dampfapparat zum 140maligen Ueberschlagen gebracht wurde. Zur chemischen Zersetzung wandte ARMSTRONG einen Apparat an, welcher auch für sonstige Fig. 4. Ströme dienen kann. Es wurden 10 Kelchgläser in eine Reihe gestellt und in das erste ein Platindraht in einer Glasröhre geleitet, welcher die negative Elektricität des Apparats zuführte. Dieses Glas wurde mit dem folgenden durch einen nassen Baumwollenfaden verbunden, und so die folgenden abwechselnd durch Glasröhren mit eingeschobenen Platindrähten oder durch nasse Fäden, bis auf den Draht des letzten Glases, welcher als positiver Pol mit einer Bleiröhre in Verbindung stand, die in einen Brunnen gesenkt war. Die Gläser enthielten verschiedene elektrolytische Flüssigkeiten, auf welche in der Reihenfolge der ungeraden Zahlen 1; 3; 5... die negative, der geraden dagegen 2; 4; 6... die positive Elektricität durch die Platindrähte wirkte, wonach denn auch in den ersteren Glasröhren die doppelte Menge Wasserstoffgas, in den letzteren die einfache Sauerstoffgas, in den Flüssigkeiten aber Spuren der chemischen Zersetzung zum Vorschein kamen.

Folgender, mit dem nämlichen Apparate angestellter Ver-Fig. 5. such ist nicht ohne Interesse. Zwei Spitzgläser standen so neben einander, dass die Entfernung ihrer Ränder 0,4 engl. Zoll betrug. Sie waren mit ganz reinem, aus Glasgefässen destillirtem Wasser gefüllt; in das eine ging der — elektrische Draht N, in das andere der + elektrische M, welcher zum genannten Bleirohre führte; beide Gläser waren durch genässte Seidenfäden verbunden. Es zeigte sich dann: 1) Der Seidenfaden wurde von einem Wassercylinder umgeben und bewegte sich vom negativen Glase zum positiven. 2) War der ganze Faden übergeführt, so erhielt sich der Wassercylinder, nach dessen Zerreissen aber sprang der Funke über. 3) Wurde der Faden im negativen Glase festgehalten, so verminderte sich die Wassermasse im positiven und wuchs im negativen. 4) Wurde

Staub auf die Wasserflächen gestreut, so zeigten sich Strömungen aus beiden Gläsern in einander. 5) Nur mit Mühe gelang es, den Wassercylinder zwischen beiden Gläsern ohne Feder etliche Minuten anhaltend zu erhalten, ohne dass Volumensveränderung eintrat.

Magnetisirung zeigte der Strom gleichfalls, denn ein mit Kupferdraht umwundener Cylinder von weichem Eisen wurde stark magnetisch.

Es war zu erwarten, dass Faraday diese neue Art der elektrischen Erregung nicht unbeachtet lassen würde, und er machte sie auch wirklich zum Gegenstande ausführlicher Untersuchungen. Hierzu bediente er sich eines ungefähr 10 Gallonen Wasser fassenden isolirten Dampfkessels, welcher mit 5 Gallonen gefüllt wurde. Auf diesen wurde ein Apparat geschraubt, welcher die Dampfkugel enthielt, die dazu diente, bei den Versuchen Wasser oder sonstige Körper aufzunehmen, die durch den Dampf fortgerissen durch ihre Reibung Elektricität erregten und die Art der erregten bedingten. An diese Kugel wurden andere Apparate, verschiedene gefasste Röhren u. s. w. angeschraubt, unter denen der mit einem Kegel der wichtigste ist, weil dieser selbst aus verschiedenen Substanzen bestehen oder damit überzogen seyn konnte, welche die Erregung der Elektricität beförderten und die Art derselben bedingten. Eine dritte, mit einer verticalen Glasröhre versehene Vorrichtung diente dazu, um in die Ausströmungsröhre Flüssigkeiten verschiedener Art zu bringen. Die Elasticität des Dampfes war nie grösser, als dass in einer Manometerröhre das Quecksilber bis 13 Zoll stieg. Die einzelnen Versuche können hier nicht beschrieben werden, im Ganzen aber führten sie zu folgenden Hauptresultaten. Die Ursache der erregten Elektricität liegt weder in der Bildung des Dampfes, noch in seiner Verdichtung zur tropfbaren Flüssigkeit, noch auch in seinem blossen Ausströmen, sondern gänzlich in der Reibung der von ihm fortgeführten Wassertheilchen an der umgebenden festen Masse des Canals oder an ihm entgegengehaltenen Körpern; stärkere Spannung des Dampfes und geeignete Gestalt der geriebenen Körper müssen also die Wirkung vermehren. Das Wasser, welches durch die Reibung Elektricität erregt, muss aber rein seyn, denn etwas schwefelsaures Natron oder Kochsalz oder ein Tropfen Schwefelsäure, in die Dampfkugel gebracht, verminderte die Wirkung

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

oder hob sie ganz auf, was sich daraus erklären lässt, dass dann das stärker leitende Wasser die Trennung der Elektricitäten nicht gestattet, weswegen auch Ammoniak die Wirkung nicht aufhebt. Die zahlreichsten Körper geben dadurch, dass der Dampf sich an ihnen reibt, negative Elektricität, aber von nicht ganz gleicher Stärke, z. B. Elfenbein und Federkiel nur wenig. Wurde Schwefelsäure von der geringsten bis zu grösserer Stärke in die Dampfkugel gebracht und Zink in den Dampfstrom gehalten, so zeigte sich keine Elektricität, und eine chemische Wirkung scheint daher nicht vorhanden. Soll der in der Regel positive Dampf negativ werden, so genügt es, etwas Oel oder Wachs in die Dampfkugel zu bringen, und man kann hierdurch auch dahin gelangen, dass der Dampf weder den einen noch den andern elektrischen Zustand annimmt, woraus hervorgeht, dass nicht das Reiben des Dampfes an sich, sondern der von ihm fortgerissenen Theilchen, in diesem Falle also die Theilchen des Oels, Terpentinöls, Wachses, Harzes u. s. w., die negative Elektricität hervorrufen. FARADAY wandte statt des Dampfes auch comprimirte Luft an und fand, dass diese im vollkommen trocknen Zustande keine Elektricität hervorbrachte, wohl aber bei vorhandener Feuchtigkeit, also in Folge der fortgestossenen und geriebenen Wassertheilchen. Dieses führte dann zu Versuchen mit Pulvern, und es fand sich, dass Schwefelblumen sowohl Metall und Holz, als auch einen Schwefelkegel negativ machten; gepulvertes Harz und Gummi gaben bald positive, bald negative Elektricität, Stärke mit Holz stets positive, Kieselerde aber machte Metall und Holz stets negativ und zeigte mit einem isolirten feuchten Brete aufgefangen sich selbst positiv. SÉGUIER[1], PELTIER[2], PATTINSON und SCHAFHAEUTL haben gleichfalls Versuche hierüber bekannt gemacht[3]. Endlich leitet BELLI die im Staube der Wasserfälle gefundene Elektricität von der atmosphärischen in Folge einer Vertheilung ab[4].

Dass Metalle durch den elektrischen Strom verkürzt wer-

---

1 Compt. rend. 1841. 2me Sem. p. 628.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXV. p. 330.

3 Lond. and Edinb. Philos. Mag. T. XVII. p. 375. 449. 457. T. XVIII. p. 14. 95. 265. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. II. p. 37.

4 Bibl. univ. de Genève. T. VI. p. 149.

den, ist früher beobachtet worden (Bd. X. S. 414), und neuere Erfahrungen von C. DOPPLER bestätigen dieses[1].

Die Massbestimmungen für die statische Elektricität sind durch einen schätzbaren Beitrag von P. RIESS vermehrt[2]. Für die Versuche wandte er die verbesserte Lane'sche Entladungsflasche und eine Cuthbertson'sche elektrische Waage an, sorgte überhaupt für zweckmässige Einrichtung der gebrauchten Apparate, und wenn er dann die auf einer Fläche angehäufte Elektricität rücksichtlich ihrer Quantität und der dadurch bedingten Spannung mit dem Ausdruck Dichtigkeit bezeichnete, so gelangte er zu folgenden Resultaten: 1) die Abstossung einer anliegenden Kugel durch die Innenseite einer Batterie ist dem Quadrate der Dichtigkeit der aufgehäuften Elektricität proportional, was für eine Bestätigung des Coulomb'schen Gesetzes dienen kann. 2) Die Abstossung der Innenseite der Batterie gegen eine anliegende Kugel, die zugleich von einer nahestehenden, nicht elektrisirten Kugel angezogen wird, ist dem Quadrate der Dichtigkeit der angehäuften Elektricität proportional. Beachtenswerth für feine Versuche ist noch das Mittel, dessen er sich bediente, um die Stärke der Ladung der Flaschen zu bestimmen, nämlich dadurch, dass er die Menge der Elektricität mass, welche aus der isolirten äusseren Belegung ausströmte. Aehnliche Versuche hat HARRIS[3] bekannt gemacht.

Ueber den elektrischen Wirkungskreis oder die Erregung der Elektricität durch Vertheilung sind ausser den oben erwähnten Versuchen FARADAY'S noch verschiedene beachtenswerthe Untersuchungen hinzugekommen, von denen hier jedoch nur eine allgemeine Uebersicht gegeben werden kann. Die Aufgabe galt für erledigt, sofern die Physiker allgemein diejenige Darstellung der Sache als erwiesen annahmen, welche BIOT[4] davon gegeben hatte. Hiernach wird die neutrale Elektricität eines isolirten Conductors, den man einem elektrisirten Conductor innerhalb seines Wirkungskreises, jedoch ausserhalb der Schlagweite, nähert, in zwei Hälften vertheilt, indem die

1 Zeitschrift für Phys. u. verw. Wissensch. 1837. Hft. VIII. S. 442. Poggendorff Ann. Bd. XLVI. S. 128.

2 Poggendorff Ann. Bd. XL. S. 321.

3 Philos. Trans. 1834.

4 Précis élementaire. Par. 1824. T. 1. p. 509.

gleichnamige des elektrisirten sich am abgewandten, die ungleichnamige am zugewandten Ende ansammelt, zwischen beiden aber Indifferenz eintritt. Zum Beweise sollten hauptsächlich Holundermarkkügelchen dienen, die an Fäden von den verschiedenen Stellen des einem geladenen Conductor genäherten Conductors herabhingen, hauptsächlich aber Coulomb'sche Probeblättchen, womit man den genäherten Conductor an verschiedenen Stellen berührte. Hiergegen erhob sich PFAFF[1] mit der Behauptung, dass die Elektricität des genäherten Conductors, welche eben durch die des vertheilenden gebunden sey, unmöglich frei seyn, mithin auch nicht entweichen könne, man also am genäherten keine andere im freien Zustande erhalten (ableiten) könne, als die gleichnamige des vertheilenden. Die Richtigkeit dieser Behauptung in einer gewissen Beschränkung lässt sich leicht durch unzweideutige Versuche constatiren. Legt man auf einen geeigneten Harzkuchen einen Metallring und bringt man letzteren an jeder beliebigen Stelle, selbst an der zugewandten Seite des genäherten Conductors, so lange er in der Wirkungssphäre des vertheilenden ist, mit dem genäherten Conductor in Berührung, so erhält man allezeit eine gleichnamige Lichtenbergische Figur, als womit der vertheilende Conductor geladen ist. Richtig ist dabei, dass ein Probeblättchen (oder Probekügelchen), womit man den genäherten Conductor an der zugewandten Seite berührt, nach der Entfernung dieses isolirten Körperchens die entgegengesetzte Elektricität am Elektrometer zeigt, was sich indess leicht erklären lässt, denn das berührende Blättchen bildet einen integrirenden Theil der berührten Stelle des genäherten Conductors, welcher an diesem zugewandten Ende offenbar entgegengesetzt elektrisch ist, und es behält dann diesen Zustand nach der Entfernung bei.

Dieser veränderten Ansicht der Sache trat FRIEDRICH MOHR entgegen[2] und stützte sich dabei auf eine Reihe von Versuchen, wobei er zum Theil auch das Probekügelchen angewandt hatte, was jedoch der gegebenen Erklärung gemäss nur trügliche Resultate geben kann. Hierzu kamen noch wichtige

1 Schweigg. Journ. Bd. LXI. S. 393.

2 Poggendorff Ann. Bd. XXXVI. S. 221.

Versuche von Ohm[1] und von Riess[2], welcher Letztere einen sehr zweckmässigen Apparat zur Ermittelung der Thatsachen anwandte. Ein an einer isolirenden Handhabe befestigter Draht a b mit abgerundeten Enden hat oben und unten an Leinenfäden herabhängende Holundermarkkügelchen. Hält man diesen vertical und stellt unter ihn die elektrisirte (vertheilende) Kugel A, so zeigen sich die in der Zeichnung dargestellten Erscheinungen. Ausserdem kann man dem Drahte isolirte neutrale oder mit einer gewissen Elektricität geladene Holundermarkkügelchen nähern und auf vielfache Weise die Erscheinungen prüfen. Pfaff fand sich hierdurch bewogen, die Versuche abermals zu wiederholen, was ihn dann zu dem Resultate führte, dass die am zugewandten Ende des genäherten Conductors, stets in enge Grenzen eingeschlossene, der des vertheilenden Conductors ungleichnamige Elektricität zwar anziehende und repulsive Thätigkeit gegen genäherte elektrische Körper ausübe, aber dennoch nicht als absolut frei abgeleitet werden könne. Diesen Zustand des gleichzeitigen Gebunden- und Ungebundenseyns der Elektricität wagt er nicht zu erklären[3].

Fig. 9.

---

1 Schweigg. Journ. Bd. LXV. S. 129. Ohm stellte zwei 3,5 Z. lange, an den Enden abgerundete, messingne isolirte Cylinder auf einen Tisch und hing in gleicher Höhe mit ihnen einen gleichen Cylinder in horizontaler Richtung an einem Faden auf; die ersten beiden mögen A und B, der letztere C heissen. Er untersuchte dann die Bewegungen und Richtungen des Cylinders C, wenn er ihm den elektrisch geladenen Cylinder A und dann auch den neutralen Cylinder B näherte. Die auf diese Weise erhaltenen Resultate sind sehr interessant und beweisen evident de Luc's Behauptung, dass die Elektricität, obgleich nicht überströmend, dennoch Wirkungen in die Ferne ausübt. Wenn aber Riess glaubt, Pfaff sey hierdurch völlig widerlegt, so scheint mir dieses keineswegs der Fall zu seyn, denn dieser behauptet bloss, die angezogene entgegengesetzte Elektricität sey nicht *eigentlich frei*. Wäre dieses der Fall, so müsste die — Elektricität des Conductors C durch Annäherung des + elektrisirten Conductors A (als frei) in diesen überströmen und beide würden gleich stark mit + Elektricität geladen seyn. Bei (nicht wohl erreichbarer) vollständiger Isolirung der Luft nimmt der Cylinder C vom elektrisirten Cylinder A gar keine Elektricität an, und umgekehrt, und beide kehren nach ihrer Entfernung von einander genau wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurück, weil während ihrer Annäherung die Elektricität keines von beiden im eigentlichen Sinne frei war.

2 Poggendorff Ann. Bd. XXXVII. S. 642. Dove's Repertorium. Bd. II. S. 33.

3 Poggendorff Ann. Bd. XLIV. S. 332.

Ein Apparat, welcher zwar nichts Neues lehrt, wohl aber das eigentliche Wesen der elektrischen Vertheilung anschaulicher macht, als die Biot'schen Conductoren, kann auf folgende Weise leicht hergestellt werden. Man isolire zwei cylinderförmige metallene Conductoren von etwa 2 bis 3 Z. Durchmesser und 6 bis 8 Z. Länge, jeden mit einer abgerundeten und einer geraden Endfläche, auf gläsernen Stativen, und stelle sie so zusammen, dass ihre geraden Flächen sich genau berühren und beide also einen einzigen Conductor bilden. Nähert man diesen einen mit Elektricität geladenen Körper, einen Cylinder, eine Kugel u. s. w., ohne dass ein Funke überschlägt, trennt man die beiden sich berührenden Conductoren, während sie sich im Wirkungskreise des ihnen genäherten befinden, und entfernt man alsdann den letzteren, so sind die beiden ersten mit entgegengesetzten Elektricitäten von gleicher Stärke geladen.

An diese Untersuchungen schliessen sich die von K. W, Knochenhauer[1], die zunächst bestimmt sind, die bei der gebundenen Elektricität vorkommenden Grössen durch Zahlenwerthe auszudrücken. Eine kurze Mittheilung der Resultate ist nicht wohl möglich. Ebenso können Péclet's Versuche über den Einfluss verschiedener Gase auf die Reibungselektricität hier nur als der Beachtung werth erwähnt werden[2].

Unter die wichtigsten Erweiterungen, welche die Elektricitätslehre erhalten hat, gehören die mit allgemeinem Beifalle aufgenommenen Bestimmungen der Geschwindigkeit, womit der Flaschenfunke einen Kupferdraht durchläuft. Diese sind durch Wheatstone[3] gegeben und können durch eine kurze Beschreibung leicht deutlich gemacht werden. Wird ein Bild von einem Spiegel reflectirt, welcher um eine beliebige in seiner Ebene liegende Axe umläuft, so beschreibt das Bild Kreisbogen, deren Winkel doppelt so gross sind als die der Ebene des Spiegels. Ist also ein Gegenstand feststehend, so beschreibt das Bild bei einer Umdrehung um 180^0 einen vollen Kreis, mithin bei einer ganzen Umdrehung zwei Kreise, vorausgesetzt, dass die Rück-

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 31. 211. 391.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXI. p. 83.

3 Philos. Trans. 1835. P. II. p. 583. Poggendorff Ann. Bd. XXXIV. S. 464.

seite des Spiegels gleichfalls polirt ist. Wird ein elektrischer Funke durch einen solchen gedrehten Spiegel reflectirt, so beschreibt dessen Bild einen Bogen, dessen Länge der Zeitdauer seiner Existenz direct, der Zeit einer halben Umdrehung des Spiegels aber umgekehrt proportional ist und also aus diesen beiden Grössen berechnet werden kann, wie man dann auf der andern Seite auch seine Zeitdauer aus der Grösse dieses Bogens zu berechnen vermag. Durchläuft dieser Funke einen Raum in einer messbaren Zeit, so dass der Spiegel während derselben einen Theil seiner Umdrehung vollenden kann, so wird der Anfang des Funkens früher reflectirt, als dessen Ende, und das Bild erscheint als eine krumme Linie, statt dass es bei unmessbarer Zeitdauer eine gerade bildet. Kommen zwei elektrische Funken gleichzeitig zum Vorschein, so wird ihr Bild auch gleichzeitig im Spiegel gesehn; liegt aber ein geringes Zeitintervall dazwischen, in welchem der Spiegel eine geringe Drehung machen kann, ohne dass jedoch das zweite Bild nicht mehr ins Auge des Beobachters reflectirt wird, wenn man es im Spiegel unmittelbar beobachtet, so ist das zweite Bild vom ersten um einen Winkel entfernt, welcher dem doppelten der Spiegeldrehung gleich ist. Dass man zu diesem Behuf statt eines auf beiden Seiten polirten Spiegels auch drei und mehr Spiegel vereinigen, oder ein Polygon mit Spiegelflächen anwenden könne, die sich um eine gemeinschaftliche Axe drehen, liegt nahe bei der Sache; die sinnreiche Erfindung dieses Spiegelapparats gleicht aber der bekannten von Poggendorff, die durch den Gebrauch, welchen die Physiker nach dem Vorgange von Gauss davon gemacht haben, so ausnehmend fruchtbar für die Wissenschaft geworden ist.

Weil der Versuch, die Zeitdauer, während welcher der elektrische Funke von einer Kugel zu einer andern übersprang, mittelst eines schnellgedrehten Spiegels zu messen, kein Resultat gab, so construirte Wheatstone eine Vorrichtung an einer Gallerie der Adelaide-Strasse, woselbst in wiederkehrenden Zügen von 120 engl. Fuss Länge ein eine halbe engl. Meile (2478,3 par. F.) langer Kupferdraht ausgespannt wurde. Die parallelen Theile des Drahtes waren 6 Zoll von einander und durch 6 Z. lange seidene Schnüre an der Balustrade befestigt; das Schwanken derselben wurde durch quer über die Balustrade ausgespannte, um jeden der Züge einmal umge-

wickelte Schnüre verhütet. Um nicht bloss das Ueberspringen des Funkens von der positiven Kugel zu einer Kugel am Anfange des Drahtes und von einer Kugel am Ende des letzteren zu einer Kugel der negativen Seite der Flasche zu beobachten, sondern auch zwischen zwei Kugeln in der Mitte der ganzen Drahtlänge, brachte WHEATSTNOE eine Funkenscheibe an, die durch die Zeichnung versinnlicht wird, auf welcher die Zahlen nach ihrer Folge den Anfang, das Ende und die Mitte andeuten. Um die Zahl der Umdrehungen des Spiegels, die durch ein Räderwerk und Scheibe mit Schnur sehr gesteigert waren, in einer gegebenen Zeit zu messen, brachte er einen Streifen Papier an, gegen welchen der Spiegel bei jeder Umdrehung anschlug und dadurch einen Ton erzeugte, dessen Höhe diese Zahl unmittelbar angab. Hieraus fand sich eine 800malige Umdrehung des Spiegels während einer Secunde. Dass man die Spindel des Spiegels auch mit einem Zeigerwerk versehen könne, liegt sehr nahe, doch wird hierdurch der Widerstand vermehrt.

Fig. 10.

Hiernach lassen sich folgende Bestimmungen erhalten. Dreht sich der Spiegel 800 mal in 1 Secunde, so würde das Bild einer dauernden Lichtquelle 1600 Umkreise in dieser Zeit beschreiben. Befindet sich der leuchtende Gegenstand, wie bei diesen Versuchen der Fall war, in 10 Fuss Abstand vom Spiegel, so beträgt die Verlängerung des Funkens um einen halben Grad 1 Zoll und dieses ist eine gut wahrnehmbare Grösse, die eine Dauer des Funkens von 1152000stel einer Secunde erfordert. Wären die beiden äussersten Funken nicht gleichzeitig, so könnten sie auch nicht gleichzeitig und in derselben verticalen Linie gesehen werden, vielmehr würden sie, wenn die Elektricität als einfach vom positiven Pole zum negativen mit einer Geschwindigkeit von 576000 engl. Meilen in 1 Secunde strömte, um einen halben Grad von einander abstehen, bei der Annahme von zwei gleichzeitig den Draht in entgegengesetzter Richtung durchströmenden Elektricitäten würde jene Geschwindigkeit 288000 engl. Meilen betragen müssen, wenn der mittlere Funke jene Abweichung erhielte. Die Resultate der Versuche ergaben, dass bei zunehmender Geschwindigkeit des Spiegels die Funken sich in die Länge zogen, und zwar im Maximum bis etwa 24 Grad, was einer Zeitdauer von $\frac{1}{24000}$ einer Secunde zugehört, die hiernach den

elektrischen Funken zukommt. Hinsichtlich der Geschwindigkeit der Fortleitung lagen die drei Funken nicht völlig in einer verticalen Linie, sondern dieses war bloss bei den beiden äusseren der Fall, der mittlere dagegen trat etwas hervor, wenn sich der Spiegel gegen die Rechte drehte, blieb dagegen etwas zurück, wenn die Drehung gegen die Linke geschah, was sich am besten durch folgende Linien ——— und ——— versinnlichen lässt und gegen die Hypothese eines einzigen Fluidums als Argument dient, weil die Linien dann folgende Gestalt ——— annehmen müssten. Wheatstone folgert hieraus: 1) die Geschwindigkeit des Flaschenfunkens in einem vollkommenen Leiter übertrifft die des Lichts; 2) die Störung des Gleichgewichts in diesem ist an beiden Enden gleichzeitig, bleibt aber in der Mitte um eine Grösse zurück, welche kleiner als ein Zoll ist und also einer grösseren Geschwindigkeit als von 288000 engl. Meilen in 1 Secunde zugehört.

Wheatstone geht hierbei von der Voraussetzung aus, dass die beiden Elektricitäten von den beiden Belegungen der Flasche gleichzeitig in den Leitungsdraht eintreten und sich in der Mitte begegnen, woraus dann allerdings die enorme Geschwindigkeit folgen würde. Da es aber apriorisch unwahrscheinlich ist, dass die Geschwindigkeit der Elektricität grösser seyn sollte, als die des Lichts noch obendrein im freien Raume, weil wir des mechanischen Effectes wegen Grund haben, ein wirkliches elektrisches Fluidum anzunehmen, und auf jeden Fall die elektrische Strömung, wie wir uns dieselbe auch vorstellen wollen, selbst im Kupferdrahte einen nachgewiesenen Widerstand findet, so fragt sich, ob der gefundene Beweis der Geschwindigkeit wirklich keinen gegründeten Einwendungen unterliegt; allein dieses ist keineswegs der Fall, und deswegen haben sich auch die Physiker bisher etwas vorsichtig über das gefundene Resultat geäussert. Sicher ist die Vorstellung falsch, wonach die Elektricität jeder der beiden Belegungen der Flasche unabhängig von der andern in den Leitungsdraht eintreten soll; denn wenn man einer derselben allein einen leitenden Körper nähert, oder auch wenn man beiden Belegungen einer geladenen isolirten Flasche zwei nicht mit einander leitend verbundene Ableiter nähert, so erhält man zwar Funken, aber von eigen-

thümlicher Art, auf jeden Fall keinen Flaschenschlag, welcher als nothwendige Bedingung voraussetzt, dass vermittelst eines vollkommenen Leiters beide Elektricitäten gegenseitig zu einander übergehen und sich neutralisiren. Hieraus folgt aber nothwendig, dass für eine eintretende Entladung einer Flasche durch einen willkürlich langen vollkommenen Leiter beiden Belegungen diese Bedingung der Neutralisirung gegeben seyn muss, mithin muss der Leiter in seiner ganzen Länge schon im Voraus so disponirt seyn, dass er beiden Belegungen diese Bedingung darbietet. Worin diese Disposition eigentlich besteht, ob in einem neben einander Hinschieben der beiden, in dem vollkommenen Leiter im neutralen Zustande enthaltenen Elektricitäten und einer Anhäufung derselben an den, beiden Belegungen zugewandten, Enden desselben, oder in irgend einem anderen Zustande, darüber fehlen entscheidende Erfahrungen; um so gewisser ist aber das Vorhandenseyn derselben, wie sich unter andern namentlich aus dem Verhalten des Blitzes ergiebt. Die überschüssige Elektricität einer Wolke kann sich allerdings durch einen Lichtschein ins Gleichgewicht setzen, ein wirklicher Schlag ist aber ohne eine solche vorausgehende Disposition nicht möglich, denn sonst müssten Fälle vorkommen, dass der von einer Wolke ausgehende Funke die trockene Luft nicht weiter zu durchbrechen vermöchte, und entweder zurückkehrte, oder sich in der Luft zerstreute, was aber nie geschieht, vielmehr trifft er jederzeit irgend einen Gegenstand, und häufig nicht gerade den nächst gelegenen, sondern oft einen entfernteren, aus welchem ihm aber, wie bei allen Funken der statischen Elektricität, die ihm entgegengesetzte entgegenkommt, und von welchem aus die Disposition zur Ausgleichung bis zu ihm hin durch das zwischenliegende Medium am vollständigsten gegeben ist. Diese Disposition wäre hiernach also das, was wir mit dem Namen Vertheilung bezeichnen, oder etwas dieser Aehnliches. Nach dieser gewiss nicht im Voraus verwerflichen Ansicht wäre also das gleichzeitige Erscheinen des Funkens an beiden Belegungen nothwendig, ohne dass dadurch eine Bestimmung der Zeit, die zur Erzeugung dieser Disposition durch die ganze Länge des Leiters erfordert wird, gegeben würde. Erfolgte nun auch der mittlere Funke mit den beiden äussersten gleichzeitig, so wäre die Sache ganz in der Ordnung, allein es darf nicht unbeachtet bleiben, dass der

mittlere Funke wirklich zurückbleibt. Wollte man annehmen, dass von den Enden des Drahtes an nach erfolgter Ausgleichung die Elektricität wieder bis zur Mitte zurückkehrte, um auch hier sich auszugleichen, so wäre hierdurch allerdings die gemessene Geschwindigkeit der Strömung erwiesen; allein mir scheint diese Annahme nicht nothwendig begründet, ja ich finde sie nicht einmal wahrscheinlich, denn die in der Mitte sich begegnenden Elektricitäten könnten sich hier nicht ausgleichen, sondern müssten in entgegengesetzter Strömung bis an die Enden hinfliessen. Die bekannten Erscheinungen der Vertheilung bieten ein Mittel, dieser Schwierigkeit auszuweichen. Hiernach häuft sich an dem der positiven Seite der Flasche genäherten Drahtende die negative Elektricität an, die entgegengesetzte am andern Ende, die beiden mittleren Enden des Drahtes enthalten die diesen entgegengesetzten Elektricitäten aufgehäuft, und diese sind es dann, die im Augenblicke der Entladung der Flasche sich durch einen Funken ausgleichen. Warum diese Ausgleichung nicht schon vor dem Flaschenschlage erfolgt, lässt sich daraus herleiten, dass beide früher sich in einer Art gebundenen Zustandes befinden. Ausserdem aber dürften wohl die in der Mitte sich nahe stehenden Enden des Leitungsdrahtes eine Art Polarisation erleiden, wie die Elektroden der Säule (s. **Polarisation**) und deren Ausgleichung das Rückbleiben des Funkens erklären.

Dass der elektrische Strom in sehr kurzer Zeit beträchtliche Drahtlängen durchlaufe, ersieht man oft aus dem Verhalten der magnetoelektrischen Maschinen und der Inductionsrollen, wovon man bei der Anwendung der Elektricität als Heilmittel Gebrauch macht, und aus der Anwendung des Neef'schen Blitzrades, welches sich vielleicht zu einer Messung dieser Art gebrauchen liesse. Da dasselbe 36 Wechsel der Isolirungen und Leitungen hat und sich füglich zweimal in einer Secunde umdrehen lässt, so würde man durch Anwendung eines 1000 Fuss langen Drahtes mit Leichtigkeit eine Geschwindigkeit von 72000 Fuss in einer Secunde erhalten können, die sich allenfalls bis zum 10fachen steigern liesse und vielleicht die Grenze der möglichen Geschwindigkeit erreichte. Hierbei könnte ein Zweifel obwalten, ob jede leitende Stelle eine Stromleitung abgäbe, allein gewichtig ist diese Bedenklichkeit nicht, sobald alle leitende Stellen bei einem gut gearbeiteten Apparate einander voll-

kommen gleich sind. Eine wirkliche Messung ähnlicher Art ist bereits durch JACOBI [1] angestellt worden. Hierzu bediente er sich eines mässig genau abgedrehten Rades, in dessen Peripherie ein isolirter Metallstreif von 0,5 Lin. Breite eingelassen war, den ein metallischer Hebel berührte. Auf der Axe des Rades war eine Kupferscheibe befestigt, die durch einen Kupferdraht mit dem eingelassenen Metallstreifen verbunden war und deren amalgamirter Rand in ein Gefäss mit Quecksilber tauchte. Wurde dann der Hebelarm mit dem einen Pole einer einfachen Volta'schen Säule, das Quecksilber des Gefässes mit dem andern verbunden, so blieb die Leitung nur so lange geschlossen, als der Hebelarm mit dem Metallstreifen in Verbindung stand. Das Rad wurde durch ein Getriebe 10mal in 1 Secunde umgedreht, seine Peripherie betrug bei einem Durchmesser von 1 Fuss 3,14 Fuss oder 452 Lin., und da der Metallstreif nur 0,5 Lin. breit war, so betrug die Zeit der Berührung nur nahe $\frac{1}{9000}$ Secunde. In den Kreis des galvanischen Stromes war ein Kupferdraht von 70 Fuss Länge eingeschaltet, und der Strom musste daher eine Geschwindigkeit von 630000 Fuss in 1 Secunde haben. Die einzige Manifestation des vorhandenen Stromes war der jederzeit sichtbare Funke, welcher aber ausblieb, wenn statt des 70 Fuss langen und 1,5 Lin. dicken Drahtes ein 1000 Fuss langer von 0,75 Linie Dicke eingeschaltet wurde, zugleich aber nahm er bei der Einschaltung des 70 Fuss langen Drahtes an Helligkeit zu, wenn die Drehung langsamer wurde.

Ueber die im Werke (Bd. X. S. 414) erwähnte Verkürzung der Metalldräthe in Folge eines hindurch geleiteten Flaschenschlages sind einige Versuche von EDMUND BECQUEREL [2] hinzugekommen. Dünne Platindrähte von 0,072 und 0,093 MM. Durchmesser wurden im luftvollen und luftverdünnten Raume im Mittel um 0,0112 ihrer Länge verkürzt; sie schienen dabei an einigen Stellen eine Vermehrung ihrer Dicke und eine wollenartige Krümmung angenommen zu haben.

Elektricitäts-Magazin. III. 407.
Elektricitätssammler. S. **Collector.** II. 166. III. 305.
Elektricitätsverdoppler. S. **Duplicator.** II. 667. u. s. w.

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XLV. S. 281.
2 Ebendas. Bd. XLVIII. S. 546.

Zus. **Elektrode** (von ἤλεκτρον und ὁδός) ist eine Bezeichnung, welche FARADAY statt der bis dahin üblichen der elektrischen Poldrähte oder Polardrähte vorgeschlagen hat, indem er hierunter diejenige Substanz oder vielmehr Fläche versteht, bestehe sie aus Luft, Wasser, Metall oder einem sonstigen Körper, welche in der Richtung des elektrischen Stromes an den zersetzt werdenden Körper grenzt. Um eine Bezeichnung zu finden, welche die beiden Verschiedenheiten in den Aeusserungen des elektrischen Stromes frei von aller Theorie ausdrücken soll und auf die sich die normale elektrische beziehen lasse, wählt er die Erde selbst. Wenn der tellurische Magnetismus von die Erde umkreisenden elektrischen Strömen abhängt, so müssen diese nach unserer gegenwärtigen Bezeichnungsart von Ost nach West oder mit der Sonne gehen. Nehmen wir an, bei einer elektrochemischen Zersetzung habe der zu zersetzende Körper eine solche Lage, dass der elektrische Strom eine dem in der Erde befindlichen parallele Lage habe, so werden die Oberflächen, durch welche die Elektricität zur Substanz ein- und austritt, eine unveränderliche Beziehung haben. Hiernach soll die östliche Fläche **Anode** (ἀνά, auf und ὁδός, der Weg vom Sonnenaufgang) und die westliche **Kathode** (κατά, niederwärts und ὁδός, der Weg zum Sonnenuntergang) heissen. Die Anode ist also der Weg, durch welchen der elektrische Strom eintritt, das negative Ende des zersetzt werdenden Körpers, das, wo Sauerstoff, Chlor, Säuren u. s. w. ent-

wickelt werden, und steht der positiven Elektrode gegenüber, die Kathode dagegen ist die Fläche, durch welche der Strom den zersetzt werdenden Körper verlässt, ist dessen positives Ende, an welchem Wasserstoff, Metalle, Basen u. s. w. entwickelt werden, und steht mit der negativen Elektrode in Berührung. Werden Körper, wie Wasser, unmittelbar zersetzt, so heissen sie **Elektrolyte,** wozu indess die in secundäre Bestandtheile zersetzten, als Schwefelsäure, Salpetersäure u. s. w., nicht gehören. Statt elektrochemisch zersetzt soll elektrolysirt gebraucht werden, wozu dann der Ausdruck elektrolytisch kommt. Die Ausdrücke elektropositiv und elektronegativ werden gleichfalls verworfen, und statt dessen soll der Körper, welcher zu der Anode des zersetzt werdenden Körpers geht, **Anione,** und derjenige, welcher zur Kathode geht, **Katione,** beide zusammen sollen **Ionen** genannt werden. So ist Chlorblei ein Elektrolyt, und elektrolysirt entwickelt es zwei Ionen, das eine, Chlor, ein Anion, das zweite, Blei, ein Kation. Ist von einem vom positiven Theile zum negativen gehenden Strome die Rede, so geschieht dieses nur, um sich dem hergebrachten Sprachgebrauche anzuschliessen[1].

Man sieht deutlich hierbei das Bestreben, die bei elektrochemischen Zersetzungen wirkende Ursache in die zersetzten Körper zu legen, denn sonst würde die elektrische Strömung, die bei der einfachen und zusammengesetzten Volta'schen Säule obendrein entgegengesetzt die Vorstellung der gesammten Summe elektromagnetischer Erscheinungen so ausnehmend erleichtert, nicht so zur Seite geschoben seyn. Aus Rücksicht auf den berühmten Britten haben viele Physiker die neuen Bezeichnungen aufgenommen, jedoch hat man später nur den Ausdruck Elektrode sehr allgemein beibehalten, obgleich der früher von Ampère eingeführte, Rheophor, besser begründet und gleich bezeichnend ist, denn Faraday wird doch schwerlich behaupten können, dass die Theorie des tellurischen Magnetismus schon so gänzlich aus dem Gebiete des Hypothetischen gerückt sey, dass man sie als unwandelbare Basis alltäglicher Phänomene gebrauchen könnte. Die Nachwelt wird es Oersted zum blei-

1 S. Siebente Reihe in Poggendorff Ann. Bd. XXXIII. S. 301 und S. 497, wo sich zugleich eine Tabelle der Anionen und Kationen befindet.

benden Ruhm anrechnen, dass er bei seiner grossen Entdeckung es zu geringfügig achtete, die bestehende Nomenclatur zu ändern.

Zus. Der Elektromagnetismus bildete stets den Gegenstand weiterer Forschungen, doch konnte nicht wohl etwas auffallend neues hinzukommen. So stellte PELTIER eine Reihe neuer Versuche an[1], die jedoch keine bedeutende Erweiterung des schon Bekannten liefern. Beachtenswerth, insbesondere für die Anwendung des Elektromagnetismus als bewegende Kraft, sind die Versuche von MAGNUS[2]. Man überzeugt sich bei allen Experimenten leicht, dass der Anker des Elektromagnets nach dem Aufhören des erzeugenden elektrischen Stromes noch einige Zeit mit geringer Tragkraft hängen bleibt (bei einem von mir

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LX. p. 261.
2 Poggendorff Ann. Bd. XXXVIII. S. 433.

versuchten starken Hufeisen dauerte dieses 6 Monate), auch wollte jemand gefunden haben, dass beim Umkehren des Stromes eine Verstärkung der Tragkraft eintrete [1], allein als MAGNUS einen 1400 Fuss langen Rheophor anwandte, fiel der 3 ℔ schwere Anker, obwohl er 140 ℔ zu tragen vermochte, bei der schnellsten Umkehrung des Stromes dennoch ab, bei der Anwendung eines nur 12 Umwindungen bildenden dickeren Drahtes fiel zwar der Anker nicht ab, wohl aber wenn er mit 3 ℔ belastet war, da er sonst 80 ℔ trug, und wenn er mit 21 ℔ belastet war, riss er nach Unterbrechung des Stroms ohne Umkehrung nicht ab. Bei der Anwendung des langen Drahtes betrug die Zeit zwischen der Umkehrung des Stromes und dem Abfallen des Ankers 4 Sec., weswegen auch der Anker nicht abfällt, wenn man den Strom unterbricht und schnell wieder herstellt. Die Tragkraft eines Elektromagnets ist im Momente des Anlegens des Ankers schwächer, wächst aber nach einigen Secunden, und zwar in stärkerem Masse, je länger der Rheophor ist. Eine Beobachtung, die früher schon J. HENRY und TEN EYCK gemacht hatten [2], unterwarf MAGNUS einer näheren Untersuchung, nämlich die, dass die geringe Tragkraft der einzelnen Pole eines Elektromagnets durch den verbindenden Anker bedeutend verstärkt wird. Es wurden daher zwei ganz gleiche Elektromagnete von Hufeisenform so neben einander gestellt, dass ihre Pole ein Quadrat bildeten und ihre Drähte mit den Polen der nämlichen Säule verbunden waren; dann trugen die durch den Anker vereinten Pole des nämlichen Magnets 50 ℔, die zweier Magnete kaum den Anker, doch wurde deren Tragkraft bedeutend vermehrt, wenn ihre beiden andern Pole gleichfalls durch einen Anker verbunden waren.

Auch ALEXANDER bestätigt das Festhalten des Ankers der Elektromagnete nach Unterbrechung des Stroms, jedoch geht diese Eigenschaft verloren, wenn die Eisenstäbe vorher ausgeglüht in Asche langsam erkalten, vor ihrer Anwendung aber erwärmt werden, und diese Wärme durch die Hitze des umwundenen Drahtes während des Versuches fortdauert [3].

Sofern Drahtbündel in den Inductionsrollen ungleich stärkere

---

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. III. p. 18.
2 Silliman Amer. Journ. T. XIX. p. 402.
3 Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 455.

physiologische Wirkungen zeigen, als massive Eisencylinder (s. **Induction**), so schien es mir geeignet, die Stärke des in beiden erzeugten Magnetismus zu vergleichen. Zu diesem Ende liess ich ein Drahtbündel hufeisenförmig biegen, umwickelte es mit übersponnenem Kupferdraht von gleicher Länge und Dicke, als womit ein gleich dickes und langes Hufeisen von weichem Eisen umsponnen war, fand aber, obwohl ohne genaue Messungen, dessen Wirkungen bezüglich der Tragkraft des Ankers bei der Anwendung einer ganz gleichen Volta'schen Zink-Kupfer-Kette ungleich schwächer.

Bei der Ausführlichkeit seiner Untersuchungen über die Erscheinungen der Elektricität musste FARADAY nothwendig auch die elektromagnetischen in ihren Kreis ziehen, und ihnen ist daher die 14te Reihe gewidmet; inzwischen wüsste ich nicht anzugeben, in wiefern die Aufgabe dadurch weiter gefördert wäre. Der grossen Autorität wegen möge aber bemerkt werden, dass seine Versuche hauptsächlich bezweckten, den Einfluss zu ermitteln, welchen die zwischen dem Rheophor und der Magnetnadel befindlichen Körper auf die Erzeugung des Magnetismus ausüben. Ausser dem Eisen und in geringem Grade dem Kupfer verhielten sich alle Körper indifferent, allein dennoch hält er einen solchen Einfluss für möglich, und schlägt dann vor, diesen Zustand der Körper den *elektrotonischen* zu nennen. Wäre aber die Seitenkraft des elektrischen Stromes, die keine andere als die magnetische ist, von den zwischenliegenden Körpern ganz unabhängig, dann fände zwischen den elektrischen und magnetischen Kräften ein wesentlicher Unterschied statt. „Bei der statischen Vertheilung, bei der Leitung und Elektrolysirung sind die an den entgegengesetzten Enden der Theilchen befindlichen Kräfte, welche mit den Vertheilungslinien zusammenfallen und gewöhnlich *elektrische* genannt werden, polar und wirken in Fällen von anliegenden Theilchen nur in unmerkbare Entfernungen, die auf der Richtungslinie dieser Kräfte transversalen aber, die *magnetische* genannt werden, sind circumferential und wirken in die Ferne, wenn auch durch Vermittelung zwischenliegender Theilchen, doch zur gewöhnlichen Materie mit Relationen, die den mit ihnen verbundenen elektrischen Kräften ganz unähnlich sind." Die übrigen Betrachtungen, die hier angeknüpft werden, sind zu unbestimmt, und führen zu keinen festen Resultaten, was auch bei dem

schwankenden Zustande seiner elektrischen Theorie (vergl. Zusatz zu **Galvanismus**) nicht anders seyn kann [1].

Können wir aus Gründen, die unten (Zus. zu **Galvanismus**) entwickelt werden sollen, einmal nicht umhin, ein elektrisches Fluidum anzunehmen, so müssen wir uns auch zu einem ähnlichen magnetischen verstehen; denn die Gleichheit beider ist nach Davy's schlagendem Argumente unmöglich, weil das eine isolirbar, das andere nicht isolirbar ist, ungeachtet beide gleichzeitig neben einander bestehen. Eine Modification nachzuweisen, wodurch das eine in das andere umgewandelt werden sollte, ist noch nicht versucht und scheint mir unmöglich; Ampère's Theorie aber kann nicht als Gegenargument gelten, da sie die nach dem eben angegebenen Argumente unzulässige Identität voraussetzt. Da wir übrigens neben der wägbaren Materie nothwendig einen unwägbaren Lichtäther annehmen müssen, so ist nicht abzusehen, warum wir nicht andere, zwischen beiden liegende, entweder absolut unwägbare oder nur gegen die Erde und vielleicht auch gegen andere Himmelskörper gravitirende, auch dem allgemeinen Gesetze der Attraction in gewissen Beziehungen unterliegende ätherische Fluida annehmen sollten. Wenn aber das elektrische Fluidum den Rheophor des erwiesenen Widerstandes wegen wellenartig, also in schnell wiederholten Pulsationen, durchströmt, wenn ferner das magnetische Fluidum im neutralen Zustande überall vorhanden ist, beide aber einander in der Art erregen, dass sie den neutralen Zustand in den getrennten beider Bestandtheile verwandeln, so lassen sich die elektromagnetischen Erscheinungen in Gemässheit dieser wohlbegründeten Thatsachen ohne grosse Schwierigkeiten genügend erklären. Stahl (Nickel, Kobalt) und Eisen (denen sich in sehr geringem Grade das Kupfer anreihen lässt) als Isolatoren oder Halbisolatoren unterliegen eigenen Gesetzen. Strömt aber die Elektricität durch einen Rheophor und ist nicht bloss dieser, sondern auch dessen Umgebung mit Magnetismus im neutralen Zustande gesättigt, so muss jede Undulation des elektrischen Fluidums in einer auf die Axe des Rheophors normalen Scheibe, deren Halbmesser der Quantität und Intensität des elektrischen Stromes in einem gewissen Verhältnisse proportional, deren Dicke aber der Länge

---

1 Poggendorff Ann. Ergänzungsbd. S. 249.

der elektrischen Welle gleich ist, beide Magnetismen in der Art trennen, dass der nordpolare nach der einen, der südpolare nach der andern Seite hin liegt. Da aber endlich die Wellen in unmessbar kleinen Zeiten auf einander folgen, so muss für unsere Messungen die Wirkung eine fortdauernde seyn. Die Erscheinungen sind nach dieser Theorie genau so, wie die Beobachtungen sie geben, und das einzig Hypothetische dabei ist die Annahme von zwei magnetischen Fluidis, ähnlich den elektrischen, die sich vereint neutralisiren, getrennt aber die bekannten Wirkungen erzeugen; eine Hypothese, der wir in Gemässheit zahlloser Thatsachen nicht entgehen können, mindestens muss sie wohl vor der Hand als Vehikel unserer Vorstellung von den dargebotenen Phänomenen dienen.

Eine Erweiterung unserer Kenntniss der Thatsachen, was immer vom wesentlichsten Nutzen ist, verdanken wir den Versuchen, wodurch P. Riess das Verhältniss zwischen der Anhäufung der Reibungselektricität in Flaschen und der durch ihren Strom bewirkten Ablenkung der Magnetnadel aufzufinden suchte, und die sich daher an die früheren von Colladon anschliessen. Die Verzögerung des Stromes wurde bewerkstelligt durch Einschaltung eines unvollkommenen Leiters in den Kreis, und hierzu dienten ein Cylinder aus feuchtem Lindenholz, 2 Z. lang, 1 Z. dick, eine 13 Z. lange nasse baumwollene Schnur, eine 9 Z. lange, 2,2 Lin. weite Glasröhre mit concentrirter Salmiaklösung, dieselbe Glasröhre mit destillirtem Wasser und eine andere 9 Z. lange und 1 Lin. weite Glasröhre, gleichfalls mit destillirtem Wasser gefüllt. Solche Röhren mit Wasser sind am geeignetsten, denn das Holz leitet zu schlecht, die Salmiaklösung zu stark, und bei der Schnur ändert sich der Feuchtigkeitszustand. Nach diesen Versuchen sind bei langsamen Entladungen einer Batterie die Ablenkungen der Magnetnadel abhängig von der belegten Oberfläche, und zwar nehmen sie mit der Zunahme derselben ab, wachsen dagegen mit zunehmender Elektricitätsmenge, aber in einem grösseren, als dem einfachen Verhältnisse.

Zu den interessanten elektromagnetischen Apparaten gehört vorzüglich ein von Poggendorff [1] angegebener, um den Unterschied eines Stahlmagnets und eines den galvanischen Strom leitenden schraubenförmig gewundenen Drahtes zu versinnlichen.

---

1 Dessen Ann. Bd. LII. S. 386.

Man nehme einen hohlen Stahlmagnet, etwa 3 Z. lang und inwendig 2,5 Lin. weit, füttere diesen inwendig mit einer Glasröhre aus, stelle ihn vertical, z. B. mit dem Nordpole nach oben, und schiebe eine etwa 9 Lin. bis 2 Zoll lange Nähnadel hinein, so wird diese nicht herabfallen, sondern schwebend bleiben und niedergedrückt wieder emporsteigen. Wendet man dagegen einen schraubenförmig gewundenen Rheophor an oder einen dem beschriebenen Magnete gleichen, mit umsponnenem Kupferdraht umwickelten Eisenstab, so fällt die Nadel bis in die Mitte herab und bleibt daselbst schwebend.

Einen elektromagnetischen Apparat, welcher durch den tellurischen Magnetismus in steter Bewegung erhalten wird, hat A. v. Kramer angegeben; er ist aber sehr fein und zusammengesetzt in seiner Construction, so dass er schwerlich Nachahmung finden wird. Interessanter und leicht herzustellen ist derjenige Rotationsapparat, welchen Knochenhauer in Vorschlag gebracht hat, dessen Bau aus der in grossen Dimensionen ausgeführten Zeichnung leicht erkannt wird. Auf einem hölzernen Brete ABCD ist eine kreisförmige Rinne eingeschnitten, die in G und H zwei dünne Scheidewände hat. In die beiden halbkreisförmigen, mit Quecksiber gefüllten Rinnen tauchen die Enden der Polardrähte einer Volta'schen Säule K und Z; auf dem Stahlstifte OL ruht das Flugrad EJLMF, welches aus den beiden gewundenen Spiralen E und T besteht, jede von 20 Windungen von 1,5 Zoll Durchmesser aus übersponnenem, durch die schrägen zwischengezogenen Fäden völlig isolirtem und haltbarer gemachtem Kupferdraht. Beide Spiralen sind durch den Kupferdraht JLM mit einander verbunden und werden durch das Holzstäbchen PR in ihrer gehörigen Lage gehalten. Durch dieses Stäbchen geht eine oben zugeschmolzene, zwischen dem Drahte JLM befestigte Glasröhre, welche auf der Stahlspitze leicht beweglich ruht. Die anderen Enden der Spirale sind zuerst etwas herab und dann bei G und H horizontal gebogen und tragen jede einen umgebogenen, inwendig amalgamirten Kupferblechstreifen an ihren amalgamirten Enden, so dass diese in das Quecksilber der Rinne herabhängen, beim Umdrehen des Rahmens aber leicht über die hölzerne Scheidewand hingleiten. Von oben herab hängt ein starker Magnet NS so, dass seine Ebene mit der der Scheidewände zusammenfällt. Bei Anwendung eines Calorimotors von 5 Windungen und 8 Z.

Fig. 11.

Höhe und eines Magnets, welcher 30 ℔ trug, erfolgten die Drehungen, die dadurch entstehen, dass der Magnetismus der Drahtwindungen sich jedesmal umkehrt, wenn die Kupferstreifen über die Scheidewände hingleiten, anfangs langsam, nahmen aber dann bis zu einer Geschwindigkeit von 300 bis 400 in 1 Minute zu. Der Apparat liesse sich vereinfachen, wenn man statt der Drahtwindungen einen Cylinder von weichem Eisen durch umwundenen Kupferdraht zum Elektromagnete machte und zwischen den Schenkeln des Magnets rotiren liesse. Bei jedem Hingleiten über die Scheidewände wird der galvanische Strom unterbrochen, man bedient sich daher solcher Maschinen der zuletzt genannten Art für die Anwendung der Inductionsrollen zur medicinischen Elektricität.

Lenz hatte die Gesetze untersucht, wonach ein gewundener Draht durch einen Stahlmagnet inducirt wird (**Magnetoelektricität**), und es lag daher die Frage vor, ob diese nämlichen auch umgekehrt bei der Magnetisirung des Eisens durch den Multiplicator in Anwendung kommen. Diese genügend zu beantworten, erforderte sowohl zweckmässige Apparate als auch geübte Experimentatoren, und es war daher ein Gewinn für die Wissenschaft, dass der nämliche berühmte Physiker in Verbindung mit Jacobi die Lösung dieses Problems zum Gegenstande zahlreicher Versuche machte[1]. Um die Stärke der elektrischen Ströme zu messen, bedienten sie sich der Becquerel'schen Waage (s. **Multiplicator**), die sie nach Anbringung einer wesentlichen Verbesserung für diesen Zweck sehr geeignet fanden; um aber die Intensität des im Eisenkern erzeugten Magnetismus zu bestimmen, umgaben sie denselben mit einer zweiten Spirale, welche beim Verschwinden des galvanischen Stromes durch ihn inducirt wird, und wobei sich voraussetzen lässt, dass dieser inducirte Strom der Stärke des im Eisenkern erzeugten Magnetismus proportional sey, weswegen es genügte, die Stärke jenes mittelst der Abweichungen einer Multiplicatornadel zu messen. Mittelst dieser Vorrichtungen gelangten sie durch genaue Berechnung der einzelnen gemessenen Grössen zu folgenden Hauptresultaten. Zuerst fanden sie, was früher schon Fechner aus seinen Versuchen als wahrscheinlich gefolgert

1 Bullet. scient. de l'Acad. de Petersb. T. IV. Poggendorff Ann. Bd. XLVII. S. 225. 401.

hatte [1], dass der im weichen Eisen durch den galvanischen Strom hervorgerufene Magnetismus der Stärke dieses Stromes proportional ist; dass zweitens dieser Magnetismus von der Dicke und Form der Rheophore ganz unabhängig ist, vorausgesetzt dass gleiche Quantitäten Elektricität in gleichen Zeiten den Querschnitt desselben durchströmen; drittens dass bei gleichen Strömen die Weite der Windungen von keinem Einfluss ist, abgerechnet dasjenige, was durch die Seitenwirkung vorloren geht, ein Verlust, der vermindert oder ganz beseitigt werden kann, wenn der Eisenkern an beiden Seiten um einen der Weite der Windungen proportionalen Theil über diese hervorragt; viertens dass die Totalwirkung aller einen Eisenkern einschliessenden Windungen der Summe der Wirkungen aller einzelnen gleich kommt. Mittelst dieser Resultate wird es möglich, die vortheilhaftesten Bedingungen zur Construction eines Elektromagnets und zur entsprechenden Anordnung des erforderlichen galvanischen Apparats zu finden, wenn einerseits ein bestimmter Eisenkern und andererseits eine bestimmte Zinkoberfläche mit zugehöriger Kupferfläche gegeben ist. Ausführliche und genaue Berechnungen geben die für diese Bestimmungen dienenden Formeln, aus denen folgende Hauptsätze hervorgehen: erstlich dass eine gewisse Zinkoberfläche ein Maximum der magnetischen Wirkung giebt, was nicht überschritten werden kann, zweitens dass die Maxima der erzeugten Magnetismen sich wie die Quadratwurzeln aus den Zinkoberflächen verhalten, und drittens dass man durch vermehrte Umwickelung den erzeugten Magnetismus nur bis zu einer gewissen Grösse verstärken kann. Es lässt sich daher das Maximum der Wirknng auf verschiedene Weise erhalten, wobei aber der Zinkverbrauch in einer gegebenen Zeit stets derselbe bleibt.

An diese Untersuchung schloss sich eine andere über den Einfluss der Eisenstäbe auf den durch einen gleich starken Strom in ihnen erzeugten Magnetismus. Um diese Frage zu beantworten, magnetisirten die genannten Gelehrten [2] neun Stäbe von 8 Z. Länge und ungleichen Durchmessern durch Ströme von gleichen Intensitäten, und erhielten folgende Resultate,

---

1 Schweigger Journ. Bd. XXXIX. S. 274. 316.

2 Poggendorff Ann. Bd. LI. S. 358.

wenn D den Durchmesser der Stäbe in Zollen und M die beobachtete Stärke des erzeugten Magnetismus bezeichnen:

D	M	D	M	D	M
3 Z.	447	1,5 Z.	246	$\frac{2}{3}$	142
2,5	378	1	175	0,5	112
2,0	308	$\frac{5}{6}$	158	$\frac{1}{3}$	87

Hieraus ergiebt sich das Gesetz, dass die Stärke des erzeugten Magnetismus unter den gegebenen Bedingungen dem Durchmesser der Eisenstäbe proportional ist. Andere Versuche mit Stäben von gleicher Dicke und ungleichen Längen zwischen 3 und 0,5 Fuss ergaben, dass die Wirkung einer Windung bei allen Längen und auch dann gleich ist, wenn die Windungen sich an den Enden oder über die ganze Länge verbreitet befinden. JACOBI setzt auch hinzu, es gehe aus der Gesammtheit ihrer Versuche hervor, dass die Anziehung der Elektromagnete dem Quadrate der Stromstärke proportional sey, welche die Eisenstäbe magnetisire.

Gegen den hier aufgestellten Satz, dass die Anziehungskraft elektromagnetischer Eisenstäbe dem Durchmesser derselben, also ihrer Oberfläche, proportional sey, woraus in Beziehung auf die Wirksamkeit elektromagnetischer Maschinen noch weiter hervorgeht und von JACOBI [1] schon früher gefolgert worden ist, dass kleine oder vielmehr hohle Magnete vortheilhafter sind, als massive, hat PFAFF Zweifel [2] erhoben. Um hierüber nähere Auskunft zu erhalten, verfertigte er sich fünf Paare gleich lange hohle Eisenstäbe von ganz gleichen Durchmessern, aber ungleicher Dicke des Eisens. Der Durchmesser betrug bei allen 1 Z. 0,3 Lin., die Länge 7,5 Z. engl., die Dicke des Eisens war aber von $\frac{17}{18}$ bis 4,5 Lin. verschieden; alle waren mit gleichen und gleich langen Kupferdrähten umwunden und die Stromstärke bei allen dieselbe, auch wurden stets zwei gleiche mit einander verbunden, lothrecht befestigt, oben mit der nämlichen Eisenplatte bedeckt, unten aber mit einem Anker versehen, dessen Gewicht nebst dem der Waagschale und den aufgelegten Gewichten die Tragkraft im Augenblicke des Abreissens anzeigten. Die Resulate gaben zwar kein bestimmtes Gesetz des Einflusses der Eisendicke, wohl aber stellte sich dieser Einfluss

1 Taylor's Scientific Memoirs. T. II.
2 Poggendorff Ann. Bd. LIII. S. 309.

im Allgemeinen sichtbar heraus, indem die Stäbe von grösster Eisendicke zwischen 44 und 55, die von geringster aber zwischen 5 und 7 ℔ Tragkraft zeigten. Gelegentlich ergab sich auch ein bedeutender Unterschied der eigenthümlichen Beschaffenheit des Eisens, indem die beiden Stäbe von 1½ Lin. Eisendicke eine stärkere Tragkraft äusserten, als die von 2 Lin.

Eine demnächst zu erörternde Frage betrifft das Verhältniss der Stromstärke zu der Anziehung zwischen zwei Elektromagneten oder einem Elektromagneten und weichem Eisen. Frühere unvollkommene Versuche von Fechner, dal Negro und Lenz führten zu dem Gesetze der einfachen Proportionalität, und es war daher nöthig, hierüber abermalige genaue anzustellen, welche die beiden genannten Gelehrten ihren eben erwähnten hinzufügten. Zum Messen der Stromstärke hierbei diente die Nervander'sche Tangentenbussole, und es ergab sich aus 4 Versuchsreihen, dass bei nicht unmittelbarer Berührung, sondern bei einem Abstande von etwa einer Linie die Anziehungen zweier geradlinigen Elektromagnete oder eines Elektromagnetes und seines Ankers sich wie die Quadrate der magnetisirenden Ströme verhalten. Es ergab sich ausserdem aus der Zusammenstellung der Resultate, dass für gleiche Ströme die Anziehung zwischen zwei Elektromagneten etwa viermal stärker ist, als zwischen einem Elektromagnete und dem Anker. Es war indess erforderlich, dieses Gesetz auch in Beziehung auf hufeisenförmig gebogene Elektromagnete zu prüfen, um so mehr, als sich hierauf die erwähnten früheren Versuche beziehen. Wie gross aber auch die Mühe und Vorsicht war, welche auf diese neuen verwandt wurden, so zeigten sie doch nur, dass bei starker Magnetisirung die Tragkraft zweier hufeisenförmigen Elektromagnete oder eines Elektromagnetes und seines Ankers ein viel zu complicirtes Phänomen ist, als dass das für Eisenstäbe aufgefundene Gesetz des quadratischen Verhältnisses darauf angewandt werden könnte, schon deswegen, weil nicht beide Schenkel absolut gleichzeitig abgerissen werden. Es zeigte sich daher bei der Anwendung von 150 bis 300 ℔ Gewicht und zwei Hufeisen, welche beide oder deren eins magnetisirt war, das Verhältniss der Tragkräfte geringer, als das einfache der Ströme; ein einfacher flacher Anker gab unter sich so abweichende Resultate, dass sie zu gar keinem Gesetze führten; bei einem abgerundeten Anker und einer Belastung von

6 bis 43 ℔ kommt das Verhältniss dem quadratischen ziemlich nahe, weicht aber bei stärkerer Belastung schon merklich ab, und es ergiebt sich daher aus diesen Versuchen, die an Genauigkeit der Messungen nichts zu wünschen übrig lassen, dass hufeisenförmig gebogene Elektromagnete sich zur Ermittelung der Anziehungsgesetze überhaupt nicht eignen.

Sehr tragfähige Elektromagnete erhält man, wenn man einen Cylinder, bei grösseren Dimensionen einen flachgedrückten, bei einer Länge von 6 Zoll etwa 2 bis 3 Linien Eisendicke haltend, der Länge nach durchschneidet und beide Stücke nach der Längendimension mit übersponnenem Drahte umwickelt. Indem dann die geebneten Flächen auf einander passen, geben die verlängerten Dimensionen der umwickelten Drähte überhaupt eine bedeutende Stärke, und ausserdem lassen sich entweder beide Hälften magnetisiren, oder die eine dient der anderen als Anker. Die Erfindung ist von JOULE[1], welcher auf diese Weise einem 8 engl. Zoll langen, mit 4 besponnenen Kupferdrähten von $\frac{1}{11}$ Z. Durchmesser und 23 F. Länge umwundenen Elektromagnete eine Tragkraft von 2030 ℔ und einem andern mit 21 Drähten von $\frac{1}{25}$ Z. Durchmesser und gleicher Länge umwundenen eine Tragkraft von 2775 ℔ ertheilte.

Elektrometer. COULOMB's Waage. II. 594. verschiedene Bezeichnungen. III. 647. früheste Beobachtung der Abstossung und hierauf gegründete Messwerkzeuge bis CAVALLO. 649—652. HENLEY's. 650. CAVALLO's. 652. BENNET's. 654. DE LUC's Fundamentalelektrometer. 659. VOLTA's aus Strohhalmen. 665. 721. BEHRENS' und BOHNENBERGER's. 671. verbessert durch BECQUEREL. 673. LANE's Ausladeelektrometer. 674. 679. ADAM's Ladungselektrometer. 675. CUTHBERTSON's desgleichen. BROOKE's elektrische Waage. 679. Messungen mit denselben. 724—727.

Zus. Unter den später in Vorschlag gebrachten Elektrometern verdienen Beachtung das von SNOW HARRIS[2], welcher den Torsionsbalken an einem dünnen Glasfaden befestigte. Es übertrifft an Feinheit die bisher bekannten nicht. Dieser Torsionswaage bediente sich auch FARADAY[3], welcher zugleich das andere Ende des Waagebalkens mit der von COULOMB beschriebenen Windfahne verband, um die Oscillationen zu vermindern,

1 Annals of Electricity. T. V. p. 187. 471.
2 Philos. Trans. 1839. p. 215.
3 11te Reihe. Poggendorff's Ann. Bd. XLVI. S. 11.

die inneren Wandungen des Glases mit zwei horizontalen, etwa einen Zoll breiten, 0,4 Z. von einander abstehenden Stanniolstreifen beklebte und diese unter einander und mit der Erde verband, um gegen die ihrem Zwischenraume gegenüberschwebende Kugel statt einen gleichen Einfluss auszuüben. Die abgestossene Kugel, 0,3 Z. im Durchmesser haltend und vergoldet, war aus Sonnenblumenmark, die genäherte abstossende dagegen aus weichem Erlenholz, welches nach der Vergoldung geprüft wurde, ob es die Elektricität leicht annahm und eine hinlängliche Zeit ohne merkliche Schwächung behielt. Dieses ist nothwendig, und hierzu sind Holzkügelchen geeigneter als Markkügelchen, die im völlig trocknen Zustande nicht leicht eine elektrische Ladung annehmen. FECHNER [1] verbesserte das Blattgoldelektrometer, indem er nach BECQUEREL's Methode in einen länglichen, vierkantigen hölzernen Kasten eine horizontale trockne Säule aus 800 bis 1000 etwa zölligen Plattenpaaren von unächtem Silber- und Goldpapier legte, die in eine überfirnisste, mit messingnen Kappen an den Enden verschlossene Glasröhre eingeschlossen werden. Durch die Kappen gehen messingne Schrauben, an ihren äussern Enden mit einem Charniere versehen, in welchen sich zwei verticalstehende Arme bewegen, die an ihren äussern Enden gleichfalls in Charnieren zwei einander zugekehrte etwa 0,75 Z. lange und 0,3 Z. breite messingne Platten tragen, die über das obere Bret des Kastens hervorragend dem zwischen ihnen herabhängenden sehr schmalen Goldblättchen nach Bedürfniss genähert werden können. Dieses Blättchen hängt in einer etwa 4 bis 5 Z. hohen Glasglocke herab, von einem Metallstifte, welcher durch die obere metallne Fassung geht und oben in 2 bis 3 Z. Höhe mit einer Schraube versehen ist, um wie gewöhnlich eine Condensatorplatte aufzuschrauben. Die Empfindlichkeit des Apparats ist ganz ausserordentlich, allein nicht selten wirkt die Säule zu stark, zieht sofort oder nach der Berührung der Platte das Goldblättchen an, und dieses oscillirt dann zwischen beiden Platten ohne weiteren äusseren Einfluss, wie bei ZAMBONI's Perpetuum mobile.

OERSTED's Elektrometer, ohne das gewiss unnöthige Fernrohr, besteht aus einem Glascylinder auf einem Fussbret mit Stellschrauben, in dessen Deckel die Glasröhre d d d d befestigt

Fig. 12.

1 Poggendorff Ann. Bd. XLI. S. 230. Biot's Lehrbuch. Th. III. S. 56.

ist. Durch diese hängt der in sie eingekittete Bügel cccc herab, welcher oben in eine Röhre endigt, durch die der Stift ee gesteckt ist, um den Coconfaden aufzuwickeln, woran der feine und äusserst schwach magnetisirte Stahlbügel, der Träger des dünnen Messingdrahts aa, hängt. Wird der Platte ff Elektricität mitgetheilt, so geht diese zu dem Bügel über, theilt sich dem Messingdrahte aa mit, und dieser wird mit einer Kraft abgestossen, welche bloss die magnetische Richtung des kleinen Stahlbügels zu überwinden hat. Bei feinen Experimenten ist es vortheilhaft, dem Bügel eine geringe elektrische Spannung mitzutheilen und dann den zu untersuchenden Körper der Platte ff zu nähern, in welchem Falle die gleichnamige Elektricität die Abstossung vermehrt, die ungleichnamige aber sie vermindert. Statt der hierbei zu überwindenden Kraft der magnetischen Declination, die ohnehin nicht stets gleichmässig zu erhalten ist, wählte Dellmann[1] die blosse Torsion eines Coconfadens und construirte hiernach sein Elektrometer, welches nach den Resultaten der Versuche, die er im J. 1842 bei der Versammlung der Naturforscher zu Mainz zeigte, an Feinheit und Sicherheit alle früheren übertrifft und das ich daher mit wenigen Abänderungen nach dem dort gesehenen Exemplare beschreibe. Ein 6 bis 8 Z. hohes und etwa 4 Z. weites weisses Zuckerglas mit oben gerade aufstehendem Rande wird auf ein hölzernes, mit Stellschrauben versehenes Fussbret gestellt. Etwa 1 Zoll über dem Boden werden zwei einander gegenüberstehende Löcher von ungefähr 2 Lin. Durchmesser gebohrt; in das eine kittet man einen rechtwinklig umgebogenen Kupferdraht h, dessen eines Ende vertical aufgerichtet mindestens 1 Zoll vom Glase absteht und hier mit einer Schraube versehen ist, um die Condensatorplatten i aufzuschrauben, während das andere etwa 0,5 Z. in das Glas hineinragt und mit der Säge aufgeschlitzt ist, um einen leitenden Metallstreifen ff einzuklemmen, dessen anderes Ende man durch das gegenüberstehende Loch zieht und in diesem straff angezogen befestigt. Dieser 1 Lin. breite, mit seiner Ebene vertical stehende, horizontal ausgespannte Streifen wird am besten aus Papier geschnitten, welches auf beiden Seiten metal-

Fig. 13.

1 Ueber ein neues Elektrometer u. s. w. Koblenz 1842. 24 S. 4. Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 49.

lisch ist, in Ermangelung dessen klebt man aber zwei Streifen unechten Metallpapiers mit der unbelegten Seite auf einander und schneidet den erforderlichen Streifen aus demselben. Das obere Ende des Glases ist mit einem hölzernen Deckel cc versehen, in dessen Mitte sich ein etwas hervorragender, um seine Axe drehbarer, hölzerner Cylinder h befindet, mit einem feinen Löchelchen in der Mitte, um den tragenden Coconfaden durchzuziehen, diesen etwas höher oder niedriger herabzulassen und mittelst der Drehung des Zapfens seine Torsion zu reguliren. Am unteren Ende hängt der Waagebalken g. Dieser besteht aus einem Stück messingner Claviersaite, etwa Nr. 12, zwischen 2 bis 3 Z. lang, in der Mitte bis zu etwa 2 Lin. Höhe aufgebogen und die platt geschlagenen Enden dann wieder etwas zurückgebogen, so dass sie in einer horizontalen Ebene liegend mit dem beschriebenen Streifen an dessen beiden Seiten in Berührung kommen können. Um diesen Waagebalken am Coconfaden isolirt zu befestigen, ist derselbe in der Mitte durch ein Stückchen Kork gesteckt, an welches der Coconfaden mit etwas Schellack geklebt wird, ich selbst habe statt dessen in der Weingeistlampe einen dünnen Faden Schellack ausgezogen, am einen Ende zum Haken umgebogen, den Waagebalken hineingehängt und erwärmt, bis er darin festgeschmolzen war; dann habe ich das Ende des Coconfadens durch erweichtes Schellack gezogen, auf den etwa 1,5 Z. langen Schellackfaden gelegt, beide durch ein genähertes heisses Eisen erwärmt und zusammengeschmolzen. Dass man statt des Schellacks auch Siegellack nehmen könne, versteht sich von selbst, auch lassen sich beide Substanzen leicht so weit erweichen, um zu bewirken, dass die Enden des Waagebalkens, wenn dieser am Coconfaden schwebend gehalten wird, in einer horizontalen Ebene liegen. In einiger Entfernung vom Rande des hölzernen Deckels wird ein Loch durch diesen gebohrt, eine Glasröhre eingekittet und durch diese ein etwa 0,5 bis 0,75 Lin. dicker Kupferdraht k gesteckt, dem man leicht die gehörige Biegung geben kann, so dass er nicht weit von der innern Wandung des Glases vertical herabgeht, nicht weit vom Boden mit gekrümmter Biegung rechtwinklig umgebogen unter dem Metallstreifen hinläuft und am äussersten Ende wieder auf gleiche Weise rechtwinklig in die Höhe gebogen ist. Diese Biegung muss so hergestellt werden, dass

die Enden des Waagebalkens, wenn sie vom Metallstreifen zurückgestossen werden, mit den beiden Biegungen in Berührung kommen. Da es zweckmässig ist, die Einrichtung so zu machen, dass man den Deckel abnehmen könne, dieses aber durch den umgebogenen Draht k gehindert wird, so thut man wohl, diesen in der Glasröhre verschiebbar zu machen, damit man ihn so weit herunterdrücken kann, um sein gekrümmtes Ende nach dem Lüften des Deckels unter dem Streifen ff wegzuziehen und mit dem Deckel in die Höhe zu heben. Auf dem Drahte k ist oben ein Knopf aufgesteckt, wozu sich eine metallene Kugel eignet, doch genügt auch eine von Holz oder Kork.

Der Gebrauch dieses Instruments ergiebt sich von selbst. Vermittelst der Torsion des Coconfadens wird der Waagebalken g so gestellt, dass seine Arme den Metallstreifen ff nicht vollständig berühren, weil sie sonst leicht an demselben hängen; besser ist es, ihn so zu stellen, dass die Arme um einen kleinen Winkel abstehen. Wird dem Streifen ff durch die Platte i oder auch nach dem Abschrauben derselben dem Drahte h Elektricität mitgetheilt, so bewirkt die geringste Menge derselben eine Bewegung des Wagebalkens, und wenn dieser dann durch Berührung des Streifens Elektricität angenommen hat, so wird er abgestossen. Die Empfindlichkeit wird daher, wie bei dem Säulenelektrometer, dadurch erhöht, dass man dem Drahte k, dessen unteres umgebogenes Ende man in einem beliebigen Winkel mit dem Waagebalken g und dem Streifen ff einstellen kann, Elektricität in geringerem Grade mittheilt, welche den Waagebalken mit Ueberwindung der Torsion nur wenig abweichen macht, worauf dann die Mittheilung der gleichnamigen oder ungleichnamigen Elektricität an i oder h um so leichter eine Bewegung erzeugt, als sie durch jene unterstützt wird.

Es verdient noch bemerkt zu werden, dass gegenwärtig die Multiplicatoren, die Galvanometer und die Voltameter zu den besten und gangbarsten elektrischen Messwerkzeugen gehören, auf die wir hier verweisen. Sie dienen zum Messen der elektrischen Ströme, der sogenannten dynamischen Elektricität, statt dass die eigentlichen Elektrometer auf die statische Elektricität beschränkt bleiben.

Elektrometrie. III. 648. 680. Messung der absoluten Stärke der

Zus. **Endosmose** nennt DUTROCHET eine Erscheinung, welche längst bekannt war, nämlich das (Bd. I. S. 200 erwähnte) Durchdringen der Flüssigkeiten durch poröse Körper, was der sogenannten Diffusion (s. **Diffusion**) der Gase sehr

ähnlich ist, weswegen auch beide Phänomene anfänglich vereint untersucht wurden. So viel mir bekannt, war PARROT[1] der Erste, welcher im J. 1811 das wechselseitige Durchdringen des Weingeists und Wassers durch Thierblase bekannt machte, und N. W. FISCHER[2] täuscht sich also, wenn er glaubt, diese Erscheinung im J. 1812 zuerst wahrgenommen zu haben, doch lenkte er zuerst[3] im J. 1822 die Aufmerksamkeit der Physiker auf dieselbe. Ueber beide Erscheinungen, sowohl die der expansibeln, als auch der tropfbaren Flüssigkeiten, stellte MAGNUS[4] eine Reihe von Versuchen an, FISCHER aber beschränkte sich auf die Erscheinungen, welche die Thierblase zeigt, und erwähnte dabei andere analoge[5]. Gleichzeitig machte DUTROCHET seine ersten Versuche bekannt, wonach zwei verschiedene Flüssigkeiten, die durch eine dünne Scheidewand aus organischen, oder auch unorganischen, Körpern getrennt sind, zwei entgegengesetzte Ströme von ungleicher Stärke bilden, so dass die eine einen höheren Stand als die andere erreicht. Die Erscheinung selbst bezeichnete er durch die Namen Endosmose und Exosmose, und als POISSON die Ursache in der Capillarität zu finden glaubte, stritt er hiergegen, weil die Höhen sich anders zeigten, als sie hiernach für die verschiedenen Flüssigkeiten seyn müssten. In der Affinität beider Flüssigkeiten wollte er die Ursache gleichfalls nicht finden, denn Eiweiss und Wasser mischen sich nicht, wenn man das letztere vorsichtig über ersteres giesst, wohl aber dringt das Wasser durch eine Thierblase zum Eiweiss, ohne Zweifel weil die aufsaugende Thierblase das Wasser mit dem ihr anliegenden Eiweiss in die innigste Berührung bringt. Diesemnach glaubte er die Ursache in der Elektricität suchen zu müssen, welche allerdings verschiedene Stoffe zu einander überführt, hier aber unmöglich thätig seyn kann[6]. Inzwischen suchte er seine Meinung auch später durch neue Thatsachen zu unter-

1 Theor. Phys. II. 331.
2 Poggendorff Ann. Bd. XI. S. 126.
3 Gilbert's Ann. Bd. LXXII. S. 300.
4 Poggendorff Ann. Bd. X. S. 153.
5 Ebendas. Bd. XI. S. 126. Vergl. Bd. X. S. 481.
6 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXV. p. 98. 393. Poggendorff Ann. Bd. XI. S. 134 ff.

stützen, namentlich durch folgende, die früher schon PORRET[1] beobachtet hatte. Wenn man eine Glasröhre am unteren Ende mit einer Thierblase überbindet, Wasser hineingiesst und jene in ein Gefäss mit Wasser von gleichem Niveau stellt, dann den negativen Polardraht in sie hinabsenkt, so steigt das Wasser in ihr durch den elektrischen Strom und es findet also eine Endosmose darin statt[2]. Später hat DUTROCHET diese Erklärung in Gemässheit zahlreicher Versuche, die er mit dem Endosmometer (einer unten mit Thierblase überbundenen Glasröhre) anstellte, aufgegeben, und er findet vielmehr die Ursache der Erscheinungen in der Capillarität, wonach die Volumina beider Flüssigkeiten, die in gleichen Zeiten durch die porösen Membranen dringen, sich umgekehrt wie die Höhen verhalten sollen, bis zu welchen sich dieselben in dem nämlichen Haarröhrchen erheben. Inzwischen soll bei öligen Flüssigkeiten das entgegengesetzte Verhalten stattfinden und die Wärme einen bedeutenden Einfluss ausüben. Verschiedene Gesetze, welche DUTROCHET aufgefunden zu haben glaubte, z. B. dass es unwirksame Flüssigkeiten gebe, welche die Endosmose direct aufhöben, andere wirksame, welche dieselbe indirect durch chemische Einwirkung auf die thierische Membrane aufhöben, und endlich andere wirksame, welche diese Eigenschaft beständig beibehielten, lassen sich durch die Erfahrung nicht genügend begründen[3]. In einer belehrenden Zusammenstellung des Ganzen zeigt POGGENDORFF[4], dass die vielen Versuche von DUTROCHET dennoch nicht genügen, um zu einem bestimmten Gesetze zu gelangen, wie dasjenige, welches für die Erscheinungen der Diffusion der Gase aufgestellt ist[5]. Später wurden verschiedene dieser Versuche mit einigen Modificationen wiederholt durch E. B. JERICHAU[6], woraus folgende Resultate hervorgehen: 1) beide Flüssigkeiten strömen gleichzeitig durch die Scheidewand; 2) das Zusammenströmungsverhältniss ist abhängig von der Beschaffenheit

1 Ann. of Phil. T. VIII. p. 74.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVII. p. 191. Poggendorff Ann. Bd. XII. S. 618.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. XLIX. p. 411. LI. p. 159.

4 Dessen Ann. Bd. XXVIII. S. 359.

5 Vergl. POWER in Cambridge Philos. Trans. T. V. p. 205.

6 Poggendorff Ann. Bd. XXXIV. S. 613.

der Flüssigkeiten und der trennenden Lamelle; 3) das Graham'sche Diffusionsgesetz findet hierbei nicht statt, es sey denn etwa für ungemischte Flüssigkeiten, als Weingeist und Wasser; 4) die erreichten Höhen stimmen nicht mit denen in Haarröhrchen zusammen, obgleich im Ganzen diejenigen Flüssigkeiten am höchsten steigen, die in Haarröhrchen die grösste Höhe erreichen. Eine ausführliche Untersuchung dieser Erscheinungen hat ERNST BRÜCKE angestellt, wodurch die bekannten Erfahrungen im Ganzen bestätigt werden [1].

Zus. Es sind seitdem mehrere Verzeichnisse von Erdbeben in verschiedenen Ländern aufgestellt, auch einzelne Erdbeben beschrieben worden. Dahingehört eine ausführliche Abhandlung über Erdbeben nebst vielen Thatsachen von DAVID MILNE [3].

---

1 De diffusione humorum per septa mortua et viva. Ber. 1843. Auszug in Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 77.

2 Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. XXIII. p. 241. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. XI. p. 473.

3 Edinb. New Phil. Journ. N. LXII. p. 259. Ein Verzeichniss der in Grossbritannien zwischen 1608 und 1839 beobachteten findet man ebend. N. LXI. p. 95.

Zus. Es lässt sich noch eine zweite Methode anwenden, um aus der Anziehung eines Berges die Dichtigkeit der Erde zu finden. Erhebt man sich zu einer beträchtlichen Höhe über die Oberfläche der Erde, so lässt sich aus der bekannten Abnahme der Schwere berechnen, wie viele Schwingungen ein Pendel dort weniger macht, als in der Ebene unter gleicher

Breite. Befindet man sich dann aber auf einem hohen Berge, so muss die Anziehung desselben die Zahl der theoretisch gefundenen Schwingungen vermehren. Beträge z. B. die Höhe des Berges 18160 Fuss oder $\frac{1}{2000}$ des Erdhalbmessers, so müssten die Schwingungen unten und oben sich verhalten wie $2001^2:2000^2$ oder wie 1001:1000, und ein Secundenpendel von 86400 Schwingungen täglich könnte also nur 86314 geben. Würden statt dieser 86322 beobachtet, so wären 8 durch die Anziehung des Berges erzeugt und die Anziehung desselben verhielte sich zu der der Erde wie 1:10800. Man könnte dann aus dem Volumen und der Dichtigkeit des Berges bei bekanntem Volumen der Erde deren Dichtigkeit finden. CARLINI hat solche Messungen auf dem Mont-Cenis angestellt und mit denen von BIOT zu Bordeaux verglichen, woraus die Dichtigkeit der Erde = 4,837 folgt. Allein ein Fehler von 0,00001 in der Länge des Pendels würde schon eine Aenderung von 0,22 in der Dichtigkeit der Erde erzeugen, man kann ihm jedoch begegnen, wenn man das nämliche Pendel an beiden Stationen beobachtet, wodurch diese Grösse wegfällt [1]. Merkwürdig ist aber der Umstand, dass alle Messungen der Berge die Dichtigkeit der Erde zu klein geben.

Weil es ausser dem Bereiche der Möglichkeit liegt, die mittlere Dichtigkeit eines Berges mit Rücksicht auf die Anziehung seiner ungleich dichten Theile auf das in ungleichen Entfernungen von ihnen befindliche Pendel mit absoluter Schärfe zu bestimmen, so nahm man seine Zuflucht wieder zur Drehwaage. Solcher Art haben wir zwei vortreffliche Arbeiten erhalten, die eine von F. REICH [2], die andere von FRANCIS BAILY [3]. REICH stellte wegen gleichmässiger Temperatur und zur Vermeidung des Luftzuges seinen Apparat in einem unterirdischen Raume auf und bediente sich zur Messung der Oscillationen des Poggendorff'schen reflectirenden Spiegels, was auch durch BAILY geschah. Aus 57 Versuchen, welche er zu 14 Resul-

1 MÄDLER Leitfaden der mathematischen und allgemeinen Geographie. Stuttg. 1843. S. 56.

2 Versuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde. Freib. 1838. 8.

3 Experiments with the Torsion Rod for determining the mean density of the Earth. Forming the XIV. Vol. of the Mem. of the Roy. Astron. Soc. Lond. 1843. 4., wovon auch besondere Abdrücke gemacht worden sind.

taten vereinigte, erhielt er im Mittel 5,4439 für die mittlere Dichtigkeit der Erde gegen Wasser im Puncte seiner grössten Dichtigkeit, oder mit Rücksicht auf das Gewicht der einzelnen Resultate = 5,4383 mit einem wahrscheinlichen Fehler = 0,0233. Noch 6 nachträgliche Versuche mit Eisen gaben 5,4522, also wenig verschieden. BAILY erhielt 500 Lstl. zu den Versuchen und liess sich einen ausnehmend schönen Apparat verfertigen, wobei die beiden Bleimassen nahe 380,5 ℔ avoirdupois wogen und ausser angezogenen Bleikugeln auch andere angewandt wurden. Nachdem er 1300 ihm nicht genügende Versuche verworfen hatte, nahm er von den späteren 2153 Versuchen die besseren 2004 nach einer von AIRY entwickelten Formel in Rechnung und fand hieraus die mittlere Dichtigkeit der Erde = 5,6747 mit einem wahrscheinlichen Fehler, den er = 0,0038 angiebt [1]. Merkwürdig bleibt es immer, dass zwischen den Resultaten so genauer Versuche dennoch ein bedeutender Unterschied obwaltet; indess kann man dreist die mittlere Dichtigkeit der Erde = 5,5 setzen.

Zur Bestimmung der Grösse der Erde aus Breitengradmessungen sind bedeutende Beiträge hinzugekommen, hauptsächlich durch die Messungen in den westlichen Provinzen des russischen Reichs [2]. Eine ausführliche Berechnung der Abplattung der Erde nach den Resultaten der Pendelbeobachtungen hat JABBO OLTMANNS bekannt gemacht [3]. Ferner hat BORDEN in Massachusetts eine Gradmessung zwischen $41^0\ 21'\ 30''$ und $43^0\ 21'\ 30''$ N. B. mittelst einer Triangulirung beendigt. Diese mit der peruanischen Messung verbunden giebt die Abplattung = $\frac{1}{313}$ [4].

Die Kenntniss der südlichen Polarzone ist unterdess bedeutend

---

1 Vergl. einen Auszug in Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. XXI. N. 136. p. 111. Ann. Chim. et Phys. 3me Sér. T. V. p. 338. Poggendorff Ann. Bd. LVII. S. 453.

2 Beschreibung der unter allerhöchstem Kais. Schutze von der Universität Dorpat veranstalteten Breitengradmessung in den Ostseeprovinzen Russlands, ausgeführt und bearbeitet in den Jahren 1821 bis 1831, mit Beihülfe des Capitain-Lieutenants v. WRANGEL und Anderer. Von F. G. W. STRUVE. Dorpt. 1831. 4.

3 v. Crelle Journal für die reine und angewandte Mathem. Bd. IV. S. 72. Vergl. Art. **Pendel.**

4 L'Institut 10me Ann. N. 428. S. 90.

erweitert worden. Zuerst untersuchte BELLINGSHAUSEN bei seiner Reise während der Jahre 1819 bis 1821 genauer die zusammen 9 Inseln betragende Gruppe, welche SMITH im Jahre 1819 entdeckt hat; weit wichtiger aber sind die durch Ross gemachten Entdeckungen [1]. Das südlichste bisher aufgefundene Land entdeckte er vom 70sten bis 79sten Grade s. B. und vom 165sten bis 173sten Grade ö. L. v. G. und nannte es Victoria Land. Es ist ganz vulcanisch, eben wie die Inseln umher; einen erloschenen Vulcan nannte er Mount Terror, einen noch brennenden unter 77° 32′ s. B. und 167° ö. L. v. G. Erebus, welcher eine Höhe von 12400 engl. Fuss hat. Die Küsten des Landes sind von ewigem Eise umgeben, und nur mit grosser Mühe und Gefahr gelingt es, zwischen diesem durchzukommen, doch erreichte Ross 78° 4′ s. B., statt dass man früher nur bis 74° 15′ gekommen war. Das Land ist ganz ohne alle Vegetation und daher nicht bewohnbar.

In einer sehr gehaltreichen Abhandlung hat Al. v. HUMBOLDT die mittlere Höhe der Erdoberfläche über dem Meeresspiegel bestimmt, die dadurch gefunden wird, dass man die Erhabenheiten und Vertiefungen mit Rücksicht auf ihre Ausdehnungen gegen einander ausgleicht. Nach den Resultaten aus einer grossen Menge von Thatsachen findet er die mittlere Höhe der bekannten Welttheile:

für	Europa	105 Tois.	(205 Met.)
—	Nordamerica	117 —	(228 —)
—	Südamerica	177 —	(345 —)
—	den neuen Continent	146 —	(285 —)
—	Asien	180 —	(351 —)

Die Höhe des Schwerpuncts des Volumens aller Continentalmassen, mit Ausnahme Africa's, über dem jetzigen Meeresspiegel beträgt 146 Toisen oder 285 Meter, mithin beträchtlich weniger, als LA PLACE angenommen hat [2].

Interessante Notizen über die Llanos findet man in einem Werke von CODAZZI [3]. Die Llanos von Apure und Guyana sind

---

1 S. vorläuf. Bericht nebst sehr instructiven Kärtchen in Edinb. New Phil. Journ. N. LXIV. p. 285. Vergl. Lond. and Edinb. Philos. Mag. T. XX. p. 141.

2 Poggendorff Ann. Bd. LVII. S. 407.

3 Compt. rend. T. XII. p. 462. Poggendorff Ann. Bd. LIII. S. 218.

ganz eben, die von Venezuela aber haben die nur höchstens bis 200 F. erhabenen Mesas und Bancos, welche aus porösen Sandanhäufungen bestehend sich während der Regenzeit mit Wasser tränken und dieses nach dem Aufhören der Ueberschwemmung langsam wieder abfliessen lassen, wodurch die vielen Flüsse entstehen, die sich aus ihnen in die Ströme oder das Meer ergiessen. Ebendaher trifft man in den Llanos viele bevölkerte Orte, deren Bewohner, die Llaneros, vorzüglich Pferdezucht treiben und dabei kühn und ausdauernd sind.

Zus. Eine reiche Quelle mit Erdöl wurde in Cumberland durch das Bohren eines artesischen Brunnens eröffnet. Die Flüssigkeit quoll in grosser Menge hervor und erhielt den Namen Rock-Oil; sie ergoss sich in den Fluss Cumberland [1]. Eine Aufzählung aller der vielen bekannten Orte, wo Erdöl oder Erdpech zum Vorschein kommt, hat für die Physik kein genügendes Interesse.

1 Bullet. de la Soc. Géogr. T. XIV. N. 88.

F.

Zus. Das angegebene Mittel, brennenden Schwefel zum Löschen des Feuers in Schornsteinen anzuwenden, wurde in Folge gemachter Erfahrungen im J. 1828 vom Gesundheitsrathe in Paris den Polizeipräfecten empfohlen [1].

Zus. BECQUEREL [2] hat die Erzeugung der Nobili'schen Figuren einer neuen ausführlichen Untersuchung unterworfen und nicht bloss gezeigt, auf welche Weise man diese am bequemsten und sichersten unter verschiedenen Bedingungen erhält und worauf ihre Entstehung eigentlich beruht, sondern auch Mittel angegeben, wie man grössere Flächen mit einer gleichmässigen Farbe zu überziehen vermag.

---

1 Recueil industriel. T. XII. p. 127. Dingler's polyt. Journ. T. XXV. S. 320.

2 Compte rend. T. XVIII. N. 6. p. 197.

Zus. DONOVAN's Filtrirapparat findet man mehrfach beschrieben [1]. Später in Vorschlag gebrachte zweckmässige Filtrirapparate sind von PARROT zum Gebrauche auf Schiffen [2], von ROMERSHAUSEN [3], von HARE [4] und von DUMONT [5].

Zus. Das Verhalten der elektrischen Fische ist fortdauernd oft und genau untersucht worden. Wenn man früher die Meinung hegte, diese Elektricität sey der der Volta'schen Säule gleich und das thierische Organ daher mit diesem Apparate zu vergleichen, so widersprach H. DAVY nach seinen in Italien am Zitterrochen gemachten Beobachtungen dieser Ansicht [6], stützte sich dabei indess bloss auf das Argument, dass er keine Ablenkung der Magnetnadel durch den erzeugten, ihm selbst sehr fühlbaren Strom bewirkt sah. Inzwischen beseitigte sein Bru-

1 Dublin. philos. Journ. N. 1. p. 75.
2 Dingler's polyt. Journ. Bd. XXIII. S. 235.
3 Laboratorium. 1830. Hft. XXIII. Tab. XCI.
4 Dessen Compendium of chemical Instruction.
5 Journ. de Chim. médic. 1829. p. 454.
6 Philos. Trans. 1829. p. 15. Poggendorff Ann. Bd. XVI. S. 311.

der JOHN DAVY bald darauf diesen Zweifel, indem er mittelst des von der untern und oberen Seite des Zitterrochens ausgehenden elektrischen Stromes nicht bloss Stahlnadeln in geeigneten Drahtwindungen magnetisirte, sondern auch die Nadel im Multiplicator stark abweichen machte. Dabei war es diesem aber nicht möglich, einen Funken wahrzunehmen oder den feinsten Silberdraht zum Glühen zu bringen, wie auch die geringste Einwirkung auf die feinsten Elektrometer zu beobachten, wohl aber erhielt er die deutlichsten Beweise der chemischen Zerlegung [1].

FARADAY, welcher bis dahin keine eigenen Versuche gemacht zu haben angiebt, folgert aus den vorhandenen Thatsachen, dass diese durch Fische erzeugte Elektricität sich gar nicht von der durch andere Mittel hervorgerufenen unterscheide, obgleich man noch keine, durch sie erzeugte Bewegung und keinen Funken wahrgenommen habe, indem die Angaben hierüber von WALSH [2] und von FAHLBERG [3] nicht als entscheidend gelten könnten [4]. Inzwischen ist dieser Zweifel bereits gehoben, denn MATTEUCCI versichert, dass schon vor ihm LINARI [5] und nachher er selbst viele Funken wahrgenommen habe, die man sehr leicht erhalte, wenn man in den Strom eine weiches Eisen in sich enthaltende Inductionsrolle einschalte und zwei Enden des Drahtes nach vorausgegangener Amalgamirung im schnellen Wechsel in Quecksilber eintauche oder über einander reibe. Hieraus ergiebt sich, dass wie bei thermoelektrischen Säulen nicht der ursprüngliche, wohl aber der inducirte Strom der Fische den Funken erzeugt. Ueber die Richtung des Stromes entscheidet MATTEUCCI, dass er allezeit vom Rücken zum Bauche gehe, wonach also ersterer als positiver Pol zu betrachten sey, was mit früheren Beobachtungen übereinstimmt [6]. Dieses verdient sehr beachtet zu werden, wie wir sogleich sehen werden; auch COLLADON fand bei seinen Versuchen mit 40

---

1 Philos. Trans. 1832. p. 259. Poggendorff Ann. Bd. XXVII. S. 542.

2 Journ. de Phys. T. II. p. 333.

3 Vetensk. Acad. Handlingar 1801. p. 122. Gilbert's Ann. Bd. XIV. S. 420.

4 Dritte Reihe u. s. w. in Poggendorff Ann. Bd. XXIX. S. 368.

5 Bibl. univ. 1837. Oct. Nov. Compt. rend. 1837. P. I. p. 326. Poggendorff Ann. Bd. XL. S. 642.

6 Poggendorff Ann. Bd. XXXVIII. S. 291.

Zitterrochen zu Rochelle diese Regel bestätigt und erweiterte sie noch insofern, als zwei symmetrische Theile des Rückens und Bauches nie einen elektrischen Strom gaben, wohl aber zwei nicht symmetrische Puncte, wobei jedoch stets die angegebene Regel herrschte. COLLADON erhielt ferner von einem kräftigen Zitterrochen 78 Schläge während zwei Minuten, deren Folge jedoch zunehmend langsamer wurde. Der elektrische Strom des einen Fisches schien auf einen andern keine Wirkung zu äussern, was v. HUMBOLDT auch beim Gymnotus wahrnahm, ja selbst der Strom einer Säule scheint von den Fischen nach J. DAVY nicht empfunden zu werden. Zeichen am Elektrometer konnte COLLADON nicht erhalten. Durch Reizungen lassen sich bei erschöpften Zitterrochen noch Schläge erzeugen, wenigstens erfolgte noch eine starke Ablenkung der Magnetnadel, als ein sehr zerfetzter Fisch mit einem Federmesser tief ins Gehirn gestochen wurde [1]. Noch grösser ist die Zahl der vielfach modificirten Versuche, welche MATTEUCCI gleichzeitig mit einer Menge von Torpedos anstellte. Hiernach geht der Strom allezeit vom Rücken zum Bauche, und findet statt, wenn man auch die Haut des Organs weggenommen, ja selbst Schichten von der Substanz des elektrischen Apparats weggeschnitten hat; die Intensität der Entladung nimmt aber ab, wenn man die Zahl der Nervenfäden vermindert, die zum Organe führen. Drei Gran salzsaures Morphin, in den Magen des Fisches gebracht, tödteten ihn in 10 Minuten und der Tod war von ungewöhnlich starken Entladungen und Convulsionen begleitet. Am merkwürdigsten ist folgende Thatsache. Wenn man bei einem Zitterrochen, welcher durch Reizungen keine Schläge mehr giebt, das Gehirn entblösst und den letzten Flügel des Gehirns, denjenigen, von welchem die Nerven zum Organe laufen, sanft berührt, so bekommt man ungewöhnlich starke Schläge, die beständig vom Rücken zum Bauche führen; wenn man dagegen statt sanfter Berührung das Gehirn stark verletzt, so behält der Strom, obwohl gleich intensiv, nicht stets dieselbe Richtung bei. Hieraus folgert MATTEUCCI, dass die zu beiden Seiten des Gehirns liegenden Organe die Elektrici-

1 Compt. rend. 1836. T. II. p. 490. Poggendorff Ann. Bd. XXXIX. S. 411.

tät nicht erzeugen, sondern nur in sich wie eine Leidener Flasche condensiren [1].

Zu den neuesten und zugleich wichtigsten Versuchen gehören diejenigen, welche FARADAY mit dem nach London gebrachten und längere Zeit daselbst lebend erhaltenen Gymnotus angestellt hat. Von der Stärke seiner Schläge erzählt auch SCHÖNBEIN in seiner Reise nach England; sie wurden erhalten, wenn man die eine Hand nahe am Kopfe, die andere nahe am Schwanze aufsetzte, und nahmen mit der Entfernung der Hände von einander zu. Bei Anwendung zweckmässiger Apparate erhielt die Galvanometernadel starke Abweichungen, auch wurden Stahlnadeln in einer Schraubenwindung in der Art magnetisch, dass sich daraus die Richtung des Stromes vom oberen Theile des Fisches nach dem Schwanze ergab. Das Iodkalium wurde zerlegt. Wärmeerregung konnte indess nicht wahrgenommen werden, sehr deutlich aber die Funken, als eine Inductionsrolle eingeschaltet und die Schliessung der Kette durch zwei über einander geriebene Feilen bewerkstelligt war, um die Berührungen in schnellem Wechsel zu erneuern und den Augenblick der Strömung zu erhaschen. Die Stärke des Schlages ist sehr bedeutend und kommt nach einer der Natur der Sache gemäss nur unvollkommenen Messung einer stark geladenen Batterie von 5 Flaschen mit 3500 Quadratzoll innerer und äusserer Belegung gleich. Die elektrische Erschütterung verbreitet sich durch das den Fisch umgebende Wasser, und man fühlt daselbst an einzelnen Stellen leichte Erschütterungen, die durch Verbindung von zwei Puncten zunehmen und bei der Berührung des Fisches dicht am Kopfe und gegenüber am Schwanze den höchsten Grad der Stärke haben. Es scheint, als ob der Fisch seine vier Organe einzeln und in Verbindung, bis zu der aller vier, in Thätigkeit setzen könne, und dabei ist er sich der erzeugten Wirkung bewusst, denn wenn er mit Isolatoren berührt wurde oder auch mit den Enden der Multiplicatoren, so gab er nur einen oder zwei Schläge, den Händen dagegen ertheilte er mehrere schnell auf einander folgende. Muntere und etwas grössere Fische umgab er mit einer Art von Bogen, indem er sich krümmte, und der erfolgende Schlag betäubte sie

---

1 Compt. rend. 1836. P. II. p. 430. Poggendorff Ann. XXXIX. S. 485. Vergl. BECQUEREL in Traité d'Electr. T. IV. p. 264.

gänzlich, so dass sie seine Beute wurden, kleinere matte verzehrte er ohne Schlag[1].

Zus. Von grosser Lichtstärke ist das sogenannte Drummond'sche Licht (nach seinem Erfinder Drummond benannt), welches ursprünglich durch das Blasen der Weingeistflamme mittelst eines Stromes Sauerstoffgas gegen Erden, namentlich Kalkerde, erhalten wurde[2], statt dass man später sich der Knallgasflamme und der Kreide bediente und es auf Leuchtthürmen, hauptsächlich aber bei Mikroskopen benutzte[3]. Pfaff hat dieses Licht mit verschiedenen andern Flammen verglichen[4].

---

1 Faraday's funfzehnte Reihe in Philos. Trans. 1839. Poggendorff Ann. Ergänz. S. 385.

2 Ann. of Phil. N. S. T. XI. p. 451. Poggendorff Ann. Bd. VII. S. 120.

3 L'Institut. N. 67. p. 274.

4 Poggendorff Ann. Bd. XL. S. 547.

Zus. Sie wurden von Casatus, Sturm, Wolf, Sully und Andern von der Mitte des sechzehnten Jahrhunderts an gebraucht [1].

Zus. Ueber die des Schwarzwaldes und ihren erweislichen Transport durch Wasserströmungen hat Frommherz viele interessante Aufklärungen mitgetheilt [2]. Gründliche all-

---

1 Jones in Mech. Magaz. 1830. N. 365. p. 392.
2 Dessen Diluvialgebilde des Schwarzwaldes. 1842.

gemeine Untersuchungen findet man in B. STUDER's neuestem Werke [1].

Zus. Dass der elektrische Funke mit einer gewissen Platzung verbunden sey, wusste man lange. Inzwischen hat ADRIA die Linien oder Streifen untersucht, die sich auf Platten bilden, welche mit feinen Pulvern bestreut sind, wenn der elektrische Funke in mässiger Entfernung über sie hinstreicht, und die mit denjenigen Linien Aehnlichkeit zu haben scheinen, die sich bilden, wenn ein die Verkalkung nicht vollständig bewirkender Flaschenschlag durch einen Streifen Blattgold zwischen Glasplatten geleitet wird. Zu den mit feinem Pulver wenig bepuderten Platten können Glas, Marmor, Holz, Pappe u. s. w. dienen, nur müssen sie einigen Widerstand leisten, weswegen sich Strohpapier, Seidenzeug u. a. dazu nicht eignen; als Pulver dienen Magnesia, Lycopodium, Kreide, Gyps, Schwerspath, Kohle, feines Eisenfeilicht, doch haben Kreide oder fein gepulverter Schwerspath den Vorzug, weil man bei schwereren Pulvern mehrere Entladungen zur Erzeugung der Linien bedarf, die zu feinen aber durch den geringsten Luftzug bewegt werden. Die Linien kommen auch im luftverdünnten Raume zum Vorschein und zwar bei Anwendung der Magnesia noch unter einem Luftdruck von 2 Millim., die Kreide aber zeigt sie nicht mehr bei 5 oder 6 Millim. Die Versuche gelingen auch in Kohlensäure und Wasserstoffgas, doch bedarf man im ersteren Falle mehrerer Entladungsschläge; inzwischen genügen die angestellten Versuche nicht, um den Einfluss der

1 Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie. 1844. Bd. I. S. 192. 272.

verschiedenen Gase genau zu bestimmen. Haben die Spitzen des allgemeinen Entladers 15 Millim. Abstand von einander und 30 Millim. von der bepuderten Scheibe, so zeigt der Staub nach der Entladung einer bis zur Sättigung geladenen Flasche in der der Projection des Funkens entsprechenden Gegend nichts Besonderes, ringsum aber sieht man äusserst zarte Linien, ziemlich nahe bei einander, weiterhin sind sie schärfer, ihre Zwischenräume wachsen, nehmen aber weiter hin wieder ab, bis die Linien ganz verschwinden. Sie erstrecken sich hauptsächlich in der Richtung senkrecht auf die Verbindungslinie der Spitzen, scheinen den Ellipsen ähnlich, zeigen sich aber bei genauerer Untersuchung von mehr zusammengesetzter Form. Ohne auf die vielfachen Modificationen dieser Linien einzugehen, verdient nur bemerkt zu werden, dass die Abstände derselben wachsen und sie sich weiterhin verbreiten, wenn man die Platten mehr nähert, und dass das umgekehrte Verhalten stattfindet, wenn man diese weiter entfernt. Bringt man statt der Spitzen Kugeln in Anwendung, so erstreckt sich die Wirkung weiter, behält aber ihre sonstigen Eigenthümlichkeiten bei.

Die Ursache dieser Erscheinungen setzt Adria in einen Stoss, welchen die Luft während der Explosion erleidet, und einen darauf folgenden Rückprall, wenn die Luft aus den umgebenden Puncten herbeiströmt, um das entstandene partielle Vacuum auszufüllen, wobei zugleich eine Art Undulation entstehen soll. Als Beweis hierfür dient unter andern, dass die Linien gleichfalls zum Vorschein kommen, wenn man eine mit Knallgas gefüllte Halbkugel von Seifenwasser auf einer bepuderten Platte erzeugt und diese anzündet, oder mittelst der Explosion einer kleinen Menge Knallsilber eine Lufterschütterung erzeugt, was mittelst der gewöhnlichen Knallerbsen geschehen kann [1].

Die unglaublich kurze Dauer des elektrischen Funkens ist bereits (s. **Elektricität,** Wheatstone's Versuche) erwähnt. Dove hat gezeigt wie man dieses und zugleich bei welcher Stellung des Ankers einer schnell gedrehten Saxton'schen Maschine beobachten kann; denn wenn man den Versuch im Dunkeln anstellt, so scheint der Anker wegen der momentanen Erleuchtung in der erforderlichen Lage stillstehend [2].

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXIV. p. 186. Poggendorff Ann. Bd. LIII. S. 589.

2 Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 274.

G.

Vervielfachte oder zusammengesetzte Kette; Volta'sche Säule. IV. 824. Phänomene der offenen. 827. Zunahme der Spannung. 829. elektroskopische Erscheinungen der einseitig abgeleiteten. 834. Versuche mit dem Condensator. 842. unvollkommen geschlossene Säulen. 845. vollkommen geschlossene. 851. aus zwei Metallen und einer Flüssigkeit. 852. aus einem Erreger der ersten und zwei Erregern der zweiten Classe. 855. aus blossen Erregern der zweiten Classe. 857. zweigliedrige Säulen. 858. chemische Wirkungen der zusammengesetzten Säule. 866. Polarisirung der Zersetzungsdrähte. 879. Menge der erhaltenen Gase. 883. Bedingungen, welche auf diese Mengen einen Einfluss ausüben. 885—898. eintretende Schwankungen. 897. Gasentbindung hört auf unter achtfachem atmosphärischem Drucke. 898. Gleichzeitige Säurebildung. 898. Pacchiani's vermeintliche Bildung der Salzsäure. 901. widerlegt durch Davy. 902. die Wirkungen der zusammengesetzten Säule sind von äussern Umständen abhängig. 902. Zersetzungen sonstiger Substanzen. 907. und Ansammeln derselben an den Polardrähten. 910. die Zersetzung erstreckt sich auch auf die feuchten Zwischenleiter. 913. Unterbrechung des feuchten Leiters durch einen Leiter der ersten Classe. 916. chemische Wirkungen in der offenen Säule. 918. Wärmeentwickelung bis zur Verbrennung durch die zusammengesetzte Säule. 921. hängt ab von der Zahl der Plattenpaare. 924. der grösseren Oberfläche. 926. dem feuchten Leiter. 929. physiologische Wirkungen der zusammengesetzten Säule. 931. ungleiche der beiden Pole. 934. Geschwindigkeit der Fortpflanzung des elektrischen Stromes. 938. Bedingungen, welche diese Wirkungen modificiren. 940—948.

Theorie der zusammengesetzten Säule. IV. 948. Volta's. 949. geprüft durch die grossen Ladungsversuche im Teyler'schen Museum zu Harlem. 958. namentlich hinsichtlich der grossen gegebenen Menge der Elektricität. 962. Einwürfe gegen dieselbe aus der Interpolirung von Metallplatten in den Strom der Säule. 966. aus der Verbindung von zwei Kupferplatten mit einer eingeschlossenen Zinkplatte. 972. aus dem Verhältniss der Oxydation der Platten zur Wirksamkeit der Säule. 976. Jäger's Theorie. 977. abgeändert durch Scholz. 982. Parrot's Oxydationstheorie. 987. modificirt durch Becquerel. 991. und Pohl. 992. Schweigger's Vervielfachungstheorie. 998. Anwendung der einfachen Säule zur Sicherung des Kupferbeschlags der Schiffe. 1005. gegen die Epilepsie. 1009.

Zus. Die (S. 898) aufgestellte Behauptung von Pfaff, wonach die Gasentwickelung bei einem Drucke von acht Atmosphären aufhören soll, ist durch Jacobi widerlegt, indem er zeigt, dass sie auch bei stärkerem noch fortdauert[1]. Der Beachtung sehr werth sind die Versuche von Edmund Becquerel[2],

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXVIII. S. 51.

2 Becquerel Traité de Physique u. s. w. T. I. p. 450.

wonach ein elektrischer Strom entsteht, wenn Gold- oder Platin-Drähte in zwei durch eine feine Membrane geschiedene Abtheilungen einer gleichen Flüssigkeit getaucht werden, auf deren eine die chemisch wirkenden Lichtstrahlen fallen. Bemerkenswerth sind nicht minder die Versuche von MARIANINI[1], wonach mehrere elektrische Ströme, die, sich durchkreuzend, durch die nämliche Flüssigkeit geleitet werden, sich nicht stören.

FARADAY'S Leistungen in der Lehre vom Galvanismus, wovon bereits oben (s. **Elektricität**) die Rede war, beziehn sich hauptsächlich auf Folgendes. Zuerst zeigt er, dass Wasser nicht der einzige Körper sey, welcher zwischen Metallen einen elektrischen Strom giebt, wie H. DAVY[2] anfangs behauptete und diese Eigenschaft später noch auf Bleiglätte und chlorsaures Kali, beide geschmolzen, ausdehnte[3], sondern dass auch Salpeter, chlorsaures Kali, kohlensaures Kali, schwefelsaures Natron, Blei-, Natrium-, Wismuth-, Calcium-Chlorid, Bleiiodid, Wismuthoxyd und Bleioxyd, sämmtlich im geschmolzenen Zustande, zwischen Platin und Kupfer, phosphorsaures Natron, salpetersaures Silberoxyd oder Chlorsilber zwischen Platin und Eisen, einen galvanischen Strom geben. Wichtiger aber ist die Theorie der elektrischen Wirksamkeit, die er schon in der fünften Reihe seiner Untersuchungen aufstellt, weil sich hierauf die meisten seiner folgenden Versuche beziehn. Zuerst erwähnt er die Theorieen von GROTTHUSS[4] und H. DAVY[5], wonach die Zersetzungen an den Enden der Polardrähte durch Anziehung und Abstossung bewirkt werden; von RIFFAULT und CHOMPRÉ[6], wonach die Zersetzungen auf der ganzen Bahn des elektrischen Stromes durch die Flüssigkeit erfolgen, indem der negative Pol die Säuren zum positiven Pole führe und umgekehrt; von BIOT[7], welche im Ganzen mit der von GROTTHUSS übereinstimmt, und von DE LA RIVE[8], welcher den Zersetzungsprozess als ein Ver-

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XLII. p. 131. Poggendorff Ann. Bd. XVIII. S. 276.
2 Elements of chemic. Phil. p. 169.
3 Phil. Trans. 1826. p. 406.
4 Ann. de Chim. T. LVIII. p. 66. T. LXIII. p. 20.
5 Philos. Trans. 1807. p. 29. 1826. p. 383.
6 Ann. de Chim. T. LXIII. p. 83.
7 Précis élém. 3me éd. T. I. p. 636.
8 Ann. de Chim. et Phys. T. XXVIII. p. 190.

wandtschaftsspiel zwischen den Elektricitäten und den Atomen betrachtet, indem der Strom des positiven Poles den Sauerstoff oder die Säure frei mache, sich mit dem Wasserstoff oder den Basen verbinde und durch die Flüssigkeit zum negativen führe, wo er in das Metall eindringe, während gerade das umgekehrte Verhalten am negativen Pole stattfinde. Die im Strome liegenden Theilchen der Flüssigkeit werden nicht zersetzt, sondern dienen bloss zur Leitung der zwischen beiden Polen strömenden Elektricität. Diesen Theorieen setzt FARADAY als Argument entgegen, dass eine Zersetzung auch dann erfolgt, wenn man in der Luft gehaltene zugespitzte, mit einer Salzlösung benetzte, Papierstreifen dem Conductor der Elektrisirmaschine nähert (s. oben **Elektricität**), sofern doch die Luft unmöglich einen anziehenden oder abstossenden Pol bilden könne, und einen neuen sinnreichen Versuch, worin Wasser die Stelle der Luft vertrat. Ein 4 Z. hoher und ebenso weiter Glascylinder war durch eine Scheidewand a von Glimmer, die 1,5 Zoll tief herabging und an den Seiten wasserdicht schloss, in zwei Hälften getheilt. An der einen Seite ging das Platinblech b herab und wurde durch den Glasklotz c festgehalten. Der untere Raum bis zur Mitte enthielt eine starke Lösung von schwefelsaurer Magnesia, die so vorsichtig eingegossen war, dass kein Anhängen von Tropfen derselben an den Wandungen stattfand. Auf die Fläche der Flüssigkeit an der anderen Seite c wurde eine flache Korkscheibe gelegt und mittelst derselben vorsichtig, ohne Strömungen zu erzeugen, reines Wasser aufgegossen, bis nahe an den Rand. Beide Flüssigkeiten standen scharf abgeschnitten ruhig über einander. Als darauf das rechtwinklig gebogene Platinblech e dicht unter die Oberfläche des Wassers gebracht und die Drähte beider Platinbleche mit den Polen einer kräftigen Volta'schen Säule verbunden worden waren, bildete sich ein über die Fläche der Lösung in das reine Wasser eintretender Niederschlag, und nach hinlänglich langer Zeit zeigte die Platinplatte e nicht die geringste Spur eines vorhandenen Alkali, die Platte b aber gab die deutlichsten Zeichen vorhandener Säure.

Fig. 14.

FARADAY meint, die Luft und die Wasserfläche könnten unmöglich einen Pol mit anziehenden und abstossenden Kräften abgeben, die mit der Entfernung an Intensität abnehmen und in der Mitte sich neutralisiren, wonach also die erwähnten

Theorieen widerlegt seyen. Hiergegen lässt sich allerdings nichts einwenden, allein wenn man überall ein eigentliches Strömen eines elektrischen Fluidums annimmt, so verändert sich dadurch die ganze Ansicht der Wirksamkeit desselben denn alsdann muss dasselbe nothwendig aus einer gegebenen Spitze, wenn auch nur in die Luft sich verbreitend, ausströmen und sich in dem genäherten Körper wieder concentriren, welcher dann ohne Beihülfe der Luft den zweiten Pol bildet; der letzte Versuch aber vermag De la Rive's Theorie nicht zu widerlegen, wonach eine Strömung durch die gesammte zwischenliegende Flüssigkeit stattfindet, in welcher die sich berührenden Flächen beider Flüssigkeiten eine Grenze bilden, an welcher die zersetzende Kraft wechselt, so dass die getrennte Magnesia nur bis zu dieser geführt werden kann. Wir wollen aber weiter sehen, welche Theorie auf die Resultate dieser Versuche gegründet wird, und da diese die Grundlage der später sehr allgemein angenommenen sogenannten chemischen Theorie der hydroelektrischen Säule im Gegensatze der Contact-Theorie geworden ist, so verdient sie in ihrer Wesenheit genau aufgefasst zu werden, um über ihre Zulässigkeit genügend zu urtheilen.

Niemals ist, sagt Faraday, das elektrische Fluidum (er nennt es influence) in seine Theile zerlegt worden, und es lässt sich vielleicht am besten betrachten als die Axe einer Kraft, die nach entgegengesetzten Richtungen genau gleich starke aber entgegengesetzte Wirkungen ausübt. Die elektrochemische Zerlegung insbesondere rührt her von einer Kraft, die entweder der gewöhnlichen chemischen Affinität der vorhandenen Körper hinzutritt, oder dieser Richtung verleiht. Der zersetzte Körper erscheint als eine Masse wirkender Theilchen, von denen alle die, welche im Laufe des elektrischen Stromes liegen, zu der Endwirkung beitragen, und indem die chemische Affinität durch den Einfluss des elektrischen Stromes dessen Laufe parallel in der einen Richtung verringert, geschwächt oder theilweise neutralisirt, in der andern verstärkt und unterstützt wird, so erhalten die verbundenen Theilchen eine Neigung, entgegengesetzte Wege einzuschlagen. Der Effect hängt wesentlich ab von der entgegengesetzten chemischen Affinität der Theilchen entgegengesetzter Art. Dabei wird nicht vorausgesetzt, dass die thätigen Theilchen

in einer geraden Linie zwischen den Polen liegen. Die Wirkungslinien, welche man als Repräsentanten der eine zu zersetzende Masse durchlaufenden elektrischen Ströme ansehen kann, sind oft, und selbst wenn zwei Spitzen in eine Flüssigkeit eingetaucht werden, sehr unregelmässig und divergiren sehr stark. Die auf einander wirkenden Theilchen müssen mit ihnen nicht nothwendig parallel liegen, doch wird dann der Effect ein Maximum. Werden z. B. Drähte als Pole in einem mit einer Lösung gefüllten Gefässe angewandt, so erfolgen die Trennungen und Zusammensetzungen auch rechts und links von der geraden Linie zwischen ihnen, überhaupt allenthalben, wohin die Ströme sich erstrecken. Die Theorie erfordert endlich die Annahme, dass die elementaren Theilchen eines zu zersetzenden Körpers einen Einfluss auf einander ausüben, der sich über diejenigen hinaus erstreckt, mit denen sie in unmittelbarer Berührung stehen. So muss z. B. für das Wasser angenommen werden, dass ein mit einem Sauerstofftheilchen verbundenes Wasserstofftheilchen sich gegen andere Sauerstofftheilchen, obgleich diese mit anderen Wasserstofftheilchen verbunden sind, nicht ganz indifferent verhalte, sondern eine Verwandtschaft oder Anziehung gegen sie äussere, welche zwar geringer ist als die, welche es an sein eigenes Sauerstofftheilchen bindet, dennoch aber diese unter einem in bestimmter Richtung stattfindenden elektrischen Einflusse wohl gar übertreffen kann. Die Effecte sind demnach zu betrachten als aus inneren, den zu zersetzenden Körpern angehörenden Kräften entsprungen, nicht aus äusserlichen, von den Polen ausgehenden. Hiernach sind die Wirkungen die Folge einer durch den elektrischen Strom hervorgebrachten Abänderung der chemischen Verwandtschaft der in oder neben dem Strome liegenden Theilchen, wodurch diese das Vermögen erlangen, in einer Richtung stärker zu wirken, als in einer andern, und demgemäss durch eine Reihe von Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen in entgegengesetzten Richtungen fortgeführt, endlich aber an den in der Richtung des Stromes liegenden Grenzen des zu zersetzenden Körpers ausgetrieben zu werden. Die sogenannten **Pole** sind bloss die Oberflächen oder Thüren, durch welche die Elektricität zu den zu zersetzenden Substanzen ein- oder austritt; Metalle eignen sich am besten wegen ihrer starken Leitung und weil sie als starr nicht unmittelbar übergeführt werden, Wasser ist wenig leitend, mit

den meisten Substanzen mischbar und aus Elementen bestehend, welche in ihren elektrischen und chemischen Beziehungen einander direct und stark entgegengesetzt sind, in ihrer Verbindung aber den neutralsten Körper unter allen bilden. Daher wird die Uebertragung einer überwiegenden Menge von Körpern, die sich in ihm gelöst in den elektrischen Strom bringen lassen, von der Uebertragung des Wassers oder seiner Bestandtheile unterstützt oder begleitet, weswegen denn die abgeschiedenen Substanzen so selten an der Fläche des Wassers liegen bleiben und dieses sich zu einem Pole nicht eignet. Gase endlich leiten zu schlecht und sind daher für galvanische Elektricität nicht anwendbar [1].

Faraday's weitere zahlreiche Untersuchungen bezwecken vorzugsweise zu beweisen, dass seine Theorie die allein richtige sey, wonach die zerlegende Kraft der Elektricität nicht an den Polen, sondern in den zersetzt werdenden Körpern liege, indem Sauerstoff und Säuren zum negativen Ende eines solchen Körpers gemacht werden, wenn sich Wasserstoff und Metalle am positiven Ende entwickeln. Der im Experimentiren ausnehmend geübte Britte hat eine ungewöhnlich zahlreiche Menge von ihm beobachteter elektrochemischer Zerlegungen mitgetheilt, woraus man die getrennten Bestandtheile nebst der Art und den Gesetzen, wonach die Zerlegungen erfolgen, kennen zu lernen Gelegenheit hat. Unter andern prüfte er binäre Verbindungen, um zu ermitteln, ob ein aus den Aequivalenten der Elemente zu entnehmendes Gesetz der Zersetzbarkeit stattfinde, was dann mit der von H. Davy [2] aufgefundenen, von Berzelius erläuterten Theorie zusammenfallen würde, wonach die chemische Verwandtschaft bloss das Resultat der elektrischen Anziehungen der Körpertheilchen ist. Zu den Resultaten gehört ferner noch das namentlich für die Wassserzersetzung aufgefundene Gesetz, dass die Menge der in einer gegebenen Zeit erzeugten Gase allezeit der Quantität der durchströmenden Elektricität proportional sey, worauf sich das von ihm erfundene Volta-Elektrometer oder Voltameter gründet. Wir übergehen hier eine nähere Betrachtung der aufgefundenen genaueren Bestimmungen, ob die durch Zersetzung erhal-

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXII. S. 401.
2 Phil. Trans. 1807. p. 32. 1826. p. 387.

tenen Substanzen primäre oder secundäre sind, indem man unter den letzteren diejenigen versteht, welche vor ihrem Auftreten an den Elektroden verändert werden. Die Versuche, zunächst bestimmt, die den Atomen der Körper zukommenden absoluten Mengen der Elektricität auszumitteln, führten zu dem wichtigen Gesetze, dass die Elektricität, welche eine gewisse Menge von Substanz zersetzt, und die, welche bei der Zersetzung derselben Menge entwickelt wird, einander gleich sind[1].

In der achten Reihe seiner Untersuchungen beschäftigt Faraday sich zuerst mit den Wirkungen der einfachen Volta'schen Säule und theilt dabei eine Menge interessanter Thatsachen mit, die aber zu gross ist, als dass es geeignet wäre, sie hier aufzunehmen. Unter anderem fand er, dass die Körper in folgender Reihe eine zunehmend grössere Intensität des elektrischen Stromes zu ihrer Zersetzung bedürfen: Iodkaliumlösung, geschmolzenes Chlorsilber, geschmolzenes Zinnchlorür, geschmolzenes Chlorblei, geschmolzenes Iodblei, Salzsäure durch Schwefelsäure, gesäuertes Wasser. Vorzugsweise geht sein Bestreben dahin zu zeigen, dass der Metallcontact keineswegs zur Erzeugung eines elektrischen Stromes erforderlich sey, dass vielmehr die von ihm aufgestellte Theorie alle Erscheinungen besser erkläre. Da die Gegner dieser Hypothese seitdem alle von ihm als beweisend aufgestellte Phänomene auch aus der Contacttheorie erklärt haben, so ist es zweckmässiger, diese Frage für sich mit Berücksichtigung der von beiden Seiten als vorzugsweise beweisend aufgestellten Thatsachen und mit Weglassung der minder bedeutenden übersichtlich zusammenzustellen, und es möge daher genügen, hier nur die eine Thatsache herauszuheben, welche, wenn sie wahr wäre, allerdings den Beweis liefern würde, dass der elektrische Strom eine Folge des Chemismus sey. Faraday behauptet, dass ein Verbindungsdraht zwischen einer Platin- und Zinkplatte, wenn beide in ein Gefäss mit Säure getaucht sind, schon früher einen elektrischen Funken gebe, wenn er mit der einen der Platten verbunden sey, als er die andre berühre; allein diese auf mangelhafte Beobachtung gestützte Behauptung ist seitdem genügend widerlegt. Am beweisendsten sind ohne

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXIII. S. 306. 433. 481.

Zweifel die Versuche JACOBI's[1], welcher folgerecht argumentirte, es müsse ein fortdauernder Luftstrom entstehen können, wenn der Funke in messbarer Entfernung überspränge, und daher einen eigenen Apparat construirte, vermittelst dessen zwei Drahtenden oder Kugeln auf bestimmte, mikrometrisch gemessene Entfernungen gebracht werden konnten. Hier fand es sich dann, dass weder ein Funke, noch ein durch ein feines Galvanometer messbarer Strom entstand, so lange der Abstand der Metalle noch 0,00005 eines englischen Zolles betrug. Die Resultate dieser Versuche haben FARADAY vermocht, seine Behauptung zurückzunehmen. Uebrigens vermochte DRAPER selbst in der Torricelli'schen Leere ohne wirkliche Berührung nicht, einen sichtbaren Funken zu erzeugen[2]. Ist aber der Funke einmal vorhanden, dann dauert er bekanntlich in Folge der von den Körpern fortgerissenen Substanzen fort, ja man kann ihn auch ursprünglich erregen, wenn man durch die beiden genäherten Polardrähte einen Flaschenschlag leitet[3]. Auch nach GASSIOT kommt bei $\frac{1}{500}$ Zoll Abstand noch kein Funke zum Vorschein[4]. Die Versuche mit der zusammengesetzten Volta'schen Säule führten unter anderm zu dem Resultate, dass es vortheilhaft sey, statt des blossen Zinkes das durch KEMP empfohlene Zinkamalgam[5] oder die durch STURGEON vorgeschlagenen amalgamirten Zinkplatten, die seitdem sehr allgemein in Gebrauch gekommen sind, in Anwendung zu bringen. FARADAY untersuchte das hierdurch bedingte, anscheinend widersprechende Verhalten des Zinks, sofern es stärker elektrochemisch wirkt, wenn es von der Säure weniger angegriffen wird, mit gewohnter Genauigkeit (§. 863), und fand, dass das amalgamirte Zink um einen proportionalen Theil durch aufgenommenen Sauerstoff schwerer wird, als das am negativen Metalle entwickelte Wasserstoffgas beträgt. Bei nicht amalgamirtem Zink entblösst die Säure auf dessen Oberfläche eine beträchtliche Menge Kupfer, Blei, Kadmium und sonstige Metalle (etwa auch Kohle?), welche die Wirkung hindern und die starke Ent-

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XLIV. S. 633.
2 S. Lond. and Edinb. Philos. Mag. T. XV. p. 349.
3 Sturgeon's Annals of Electricity. T. III. p. 507.
4 Philos. Trans. 1841. p. 183.
5 Edinb. Philos. Journ. 1828. Oct.

wickelung des Wasserstoffgas auf ihrer Oberfläche bedingen. Die Amalgamirung ist insofern vortheilhaft, als sie eine überall gleichmässige Oberfläche darbietet. Nähere Beachtung verdient auch die Untersuchung über die Wirkungen der in die Säule eingeschalteten Zwischenplatten und über die Ursachen, welche die Wirksamkeit der Säulen hindern, worunter namentlich auch die Umkehrung der Platten gehört, weil sie dann einen Gegenstrom erzeugen [1].

Die sechzehnte und siebzehnte Reihe der Experimentaluntersuchungen sind vorzugsweise, wo nicht einzig der Begründung und Vertheidigung der chemischen Theorie im Gegensatz gegen die ältere Contacttheorie gewidmet, und es dürfte am geeignetsten seyn, die Hauptargumente und die zu ihrer Unterstützung vorgebrachten Thatsachen ohne weitere Bemerkungen hier mitzutheilen.

Faraday schliesst sich im Wesentlichen den Ansichten an, die De la Rive, der eigentliche Begründer der chemischen Theorie [2], schon vorher aufgestellt hatte, und den Resultaten, welche Becquerel [3] durch seine zahlreichen schätzbaren Versuche erhielt. In Beziehung auf die Contacttheorie hält er nicht fest an der ursprünglichen Ansicht Volta's, wonach die Flüssigkeiten bloss Leiter seyn sollen, sondern räumt ein, dass nach der Ansicht der neueren Physiker auch die letzteren selbsterregend wirken; seine eigenthümliche Vorstellung von der chemischen Theorie verdient aber wohl mit seinen eigenen Worten wiedergegeben zu werden. „Die chemische Theorie „nimmt an, dass an dem Orte der Wirkung die in Berührung „stehenden Theilchen chemisch auf einander wirken und im „Stande sind, unter Umständen mehr oder weniger von der „wirkenden Kraft in eine dynamische Form zu versetzen, dass „unter den günstigsten Umständen das Ganze in dyamische „Kraft verwandelt wird, dass dann der Betrag der erzeugten „Stromkraft ein genaues Aequivalent der ursprünglich ange- „wandten chemischen Kraft ist, und dass in keinem Fall (bei

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXV. S. 1. 222.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVIII. p. 506. XXXIX. p. 297. LXII. p. 147. Poggendorff Ann. Bd. XV. S. 98. 112. XXXVII. 225. XL. 355.

3 Traité de l'Electricité. T. I.

„der Volta'schen Säule) ein elektrischer Strom erzeugt werden „kann, ohne thätige Ausübung und Verzehrung eines gleichen „Betrages von chemischer Kraft und endend mit einem gegebenen Betrag von chemischer Veränderung." Hauptsächlich bewog ihn ein die Contacttheorie vertheidigender Aufsatz von MARIANINI [1], den Gegenstand wieder aufzunehmen; doch soll die Abhandlung keine Streitschrift seyn, sondern er bezweckt nur, die Phänomene hervorzuheben, die ihm mit der Contacttheorie unverträglich scheinen. Deren giebt es indess eine grosse Menge oder vielmehr es trifft dieses die sämmtlichen Erscheinungen der hydroelektrischen Säule, und um daher nicht zu weitläuftig zu seyn, wird es genügen, nur diejenigen namhaft zu machen, auf welche die Anhänger dieser Theorie einen vorzüglichen Werth legen. Eben diese sind aber von den Anhängern der Contacttheorie einer genauen Prüfung unterworfen, und es scheint mir daher zur leichteren Uebersicht zweckmässig zu seyn, sie in Verbindung mit den Widerlegungen auf gleiche Weise zusammenzustellen, als auf der andern Seite auch diejenigen Thatsachen, welche die Anhänger der Contacttheorie als unwiderleglich beweisend aufgestellt haben, mit den von den Gegnern dagegen vorgebrachten Argumenten vereint mitzutheilen. Im Ganzen nimmt aber der Streit, sofern FARADAY ihn führt, ein merkwürdiges Ende, insofern er sich in ein Nichts auflöst, wie dieses so oft in ähnlichen Fällen vorkommt. FARADAY sagt nämlich: „Nach der Contacttheorie wird angenom„men, dass, wo zwei ungleiche Körper einander berühren, die un„gleichartigen Theile auf einander wirken und entgegengesetzte „Zustände erregen. Ich leugne dieses nicht, glaube vielmehr, „dass eine solche Wirkung in vielen Fällen zwischen an einan„der liegenden Theilchen stattfinden kann, z. B. vorbereitend „die Action in den gewöhnlichen chemischen Erscheinungen „und auch vorbereitend denjenigen Act der chemischen Combi„nation, welcher in der Volta'schen Kette den Strom hervor„ruft." Wird dieses zugegeben, so ist damit die Contacttheorie begründet, denn es ist unmöglich zu beweisen, dass es Fälle gebe, wo bei chemischen Actionen eine solche Wirkung nicht vorausgegangen sey. Die Hauptfrage bleibt immer nur die, ob der elektrische Zustand der Körper, namentlich der Molecule,

1 Memorie della Società Italiana in Modena. T. XXI. p. 217.

vorher vorhanden sey und auf den Chemismus eine Wirkung ausübe oder diesen wohl gar nach der durch Berzelius aufgestellten elektrochemischen Theorie ausschliesslich bedinge, oder ob der Chemismus das, was wir Elektricität nennen, erst erzeugt und diese dann, einmal vorhanden, wieder chemische Wirkungen hervorruft. Schon hieraus geht hervor, dass nach der chemischen Theorie die wirkende Kraft erst geschaffen werden muss, nicht aber nach der Contacttheorie, welcher Faraday diesem Vorwurf macht; denn nach dieser ist das wirkende Agens, Elektricität genannt, in den Körpern schon vorhanden. Wenn er ferner meint, nach dieser müsse auch ein Perpetuum Mobile möglich seyn, so ist dieses auch, wie viele andere durch unvergängliche oder stets sich wieder erneuernde physische Kräfte bewegte Körper, in der trockenen Säule wirklich vorhanden, wenn man anders nicht die Wirksamkeit derselben auf eine chemische Action zurückführen will, was mindestens noch nicht erwiesen ist[1].

Die eigentliche Basis der Contacttheorie bleibt noch immer der Volta'sche Fundamentalversuch, wonach eine polirte Zinkscheibe mit einem negativen Metalle, namentlich Kupfer, in Berührung gebracht sichtbare Spuren vorhandener Elektricität zeigt. Die Gegner dieser Theorie wollten daher dieses Resultat nicht anerkennen oder nahmen zur Feuchtigkeit der Luft ihre Zuflucht, was jedoch mit der zum Gelingen erforderlichen Trockenheit und der Reinheit sorgfältig polirter und abgewischter Platten im Widerspruch steht, doch getrauten sie sich nicht, ihre Zweifel öffentlich in ganzer Strenge zu vertheidigen. De la Rive, der eigentliche Begründer der chemischen Theorie, meint hierüber, es gelinge so selten, die hierbei auftretende Elektricität nachzuweisen, dass man keine Theorie darauf gründen könne[2]. Parrot erhielt zwar jederzeit Zeichen von Elektricität, klagt aber über die dabei vorkommenden Unregelmässigkeiten[3], die meisten aber suchen die Thatsache zu ignoriren. Dieses bewog Fechner[4], einen eigenen Apparat anzugeben, womit der Versuch unfehlbar gelingt. Dieser besteht aus einem Kasten mit einer eingeschlossenen horizon-

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LII. S. 149. 547. LIII. 316. 548.
2 Recherches sur la cause de l'Electricité Volt. p. 55.
3 Ann. de Chim. et Phys. T. XLVI. p. 362.
4 Poggendorff Ann. Bd. XLI. S. 225. Vergl. **Elektrometer.**

talen trocknen Säule, an deren Polen sich zwei messingne über den Deckel des Kastens hervorragende Arme befinden, zwischen denen der feine Goldblattstreifen des Elektrometers herabhängt. Da man die Arme der Säule in Charnieren einander mehr nähern kann, so lassen sich auch schwache Spuren der Elektricität nachweisen. Auf das obere Ende des Elektrometers wird eine Kupferplatte oder eine Zinkplatte aufgeschraubt, die dann mit einer beweglichen Zink- oder Kupferscheibe an isolirenden Handgriffen von Schellack zur Anstellung des Versuchs unmittelbar dienen, wenn man sich des gleichfalls dabei befindlichen Condensators nicht bedienen will. Inzwischen bedarf man eines eigenen Apparates hierzu nicht, auch ist bekanntlich das Elektrometer mit der trocknen Säule trüglich, vielmehr genügt ein feines Bennet'sches Blattgold- und selbst ein Strohhalm-Elektrometer mit einer aufgeschraubten 3- bis 4zölligen Kupferplatte und einer gleich grossen isolirten Zinkplatte. PECLET's Versuche mit seinem Condensator sind oben (s. **Condensator**) erwähnt, PELTIER[1] und BECQUEREL[2] haben sie mit Erfolg wiederholt, und ausserdem hat DELLMANN[3] die Resultate mit seinem empfindlichen und zugleich durchaus nicht trüglichen Elektrometer bei der Versammlung der Naturforscher zu Mainz so vielen Physikern und so oft gezeigt (wobei er sich unter Anderm bloss eines roh abgeschliffenen Kupferpfennigs bediente), dass man künftig die Sache selbst wohl nicht mehr zweifelhaft finden, das Nichtgelingen vielmehr in der Mangelhaftigkeit der Apparate oder des Experiments suchen wird. Ueberhaupt wäre es in der That sonderbar, wenn man funfzig Jahre später, als VOLTA den seine Theorie begründenden Fundamentalversuch anstellte, der im nächstfolgenden Decennium so unzählig oft von den verschiedensten Physikern mit Erfolg wiederholt wurde, noch Zweifel gegen denselben hegen wollte. Nicht minder wichtig ist ein zweiter, seit der Erfindung der Säule bekannter Fundamentalsatz, dass durch Berührung der Metalle mit Flüssigkeiten gleichfalls Elektricität erregt wird. Wenn also FARADAY so oft wiederholt, es sey ein elektrischer Strom ohne metallischen Contact vorhan-

1 Compt. rend. 1838. 2me Sem. p. 965.
2 Ebendas. 1839. 1re Sem. p. 426.
3 Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 49.

den gewesen, und damit die Contacttheorie widerlegt zu haben glaubt, so ist dieses Argument in sich durchaus nichtig, weil auf jeden Fall Berührung der Galvanometerdrähte mit Flüssigkeiten stattfindet, die man doch eine metallische zu nennen berechtigt sein muss; kein Anhänger der Volta'schen Theorie hat aber noch behauptet, es gäbe keinen elektrischen Strom ohne Berührung zweier heterogener Metalle. Ausser dem aber, was über die elektrische Erregung zwischen Metallen und Flüssigkeiten bereits mitgetheilt worden ist, namentlich den damals neuesten Versuchen Pfaff's (Bd. IV. S. 639), können hier noch diejenigen nachträglich erwähnt werden, welche Karsten[1] bekannt gemacht hat, insbesondere aber die späteren von Pfaff[2] selbst. Uebereinstimmend mit allen früheren geht hieraus hervor, dass jedes Metall mit jeder der angewandten Flüssigkeiten negativ, die Flüssigkeit selbst aber positiv elektrisch wird. Die Stärke der Erregung hängt von der Natur des Metalls und der Flüssigkeit ab, indem einige Metalle in Lösungen ätzender Alkalien und Schwefelleber am stärksten elektrisch werden. Mit den meisten Flüssigkeiten wurden die positiven Metalle am stärksten elektrisch, einige negative Metalle aber mit Schwefelleberlösung. Standen zwei Metalle in der nämlichen Flüssigkeit, und berührte man dasjenige derselben, welches für sich am stärksten negativ elektrisch wurde, so war das andere positiv, berührte man aber das minder negativ elektrische, so zeigte sich das andere noch negativ, aber in geringerem Grade. Gleiche Resultate erhielt Buff[3]. Dieser legte eine Platte des zu prüfenden Metalls auf ein empfindliches Elektrometer, bedeckte sie mit einer reinen Glasscheibe, legte auf letztere eine mit der zu prüfenden Flüssigkeit getränkte Pappscheibe, und berührte gleichzeitig die Flüssigkeit und die Metallplatte mit einem isolirten Drahtbogen aus dem Metall der letzteren. Hiernach war jeder Einfluss der mit im Kreise befindlichen Erde ausgeschlossen. Auch De la Rive[4] hat hierüber Versuche angestellt, indem er die Flüssigkeit in einem Platinbecher auf ein Elektroskop stellte und

---

1 Ueber Contactelektricität. Berl. 1836. 8.

2 Revision des Galvano-Voltaismus. S. 49. Poggendorff Ann. Bd. LI. S. 110.

3 Ann. d. Chemie u. Pharmac. Bd. XLII. S. 5.

4 Recherches sur la cause de l'Electr. p. 96. Bibl. univ. de Gen. T. III. p. 375.

die zu untersuchenden Körper hineinsenkte. Als Resultat will er gefunden haben, dass jedes Metall, welches von einer Flüssigkeit angegriffen wird, sich negativ elektrisch, die Flüssigkeit aber positiv elektrisch zeigt, was er dann als einen Beweis für die chemische Hypothese betrachtet, zugleich aber einräumt, dass die Stärke der Elektricität nicht stets der chemischen Action proportional sey. Eine Zinkstange in concentrirter Schwefelsäure giebt stärkere Elektricität, als in verdünnter, weil die letztere besser leiten und daher die Wiedervereinigung beider Elektricitäten erleichtern soll. Die Entscheidung des bloss für die Theorie wichtigen Streites beruht also auf der Beantwortung der Frage, ob alle Metalle durch alle Flüssigkeiten chemisch afficirt werden; denn nur dann, wenn diese bejaht wird, lassen sich die Erscheinungen der hydroelektrischen Säule, aber auch nur dieser, auf den Chemismus zurückführen.

Da die Beweise, welche für die eine und die andre Theorie aufgestellt worden sind, keinen innern Zusammenhang haben, so scheint es mir unnöthig, sie in einer gewissen Ordnung zusammenzustellen; ich werde sie daher so, wie sie sich mir darbieten, an einander reihen [1].

---

1 In einer wenig bekannt gewordenen Dissertation von JANUS HOUWINK: Dissertatio physica de theoria elementi apparatus Voltaici etc. Groningae 1835. 8. ist sehr vollständig und mit gewissenhafter Angabe der Quellen alles dasjenige zusammengestellt, was bis zu jener Zeit über die Volta'sche Säule veröffentlicht worden war. Namentlich findet man darin auch viele wenig oder gar nicht beachtete Versuche von MULDER, die in Natuur en Scheik. Archiev. T. I ff. und in Natuurk. Bijdragen. T. V. enthalten sind. HOUWINK ist entschiedener Anhänger der chemischen Theorie, erklärt sich indess gegen DE LA RIVE, wenn dieser in Poggendorff Ann. Bd. X. S. 368. den Ursprung des elektrischen Stromes in die Oxydation des Zinks setzt und dann die Oxydation durch den elektrischen Strom vermehrt werden lässt, also die Wirkung zur Ursache dieser nämlichen Wirkung macht. Wörtlich heisst es: „Hiernach ist klar, „dass zum Auftreten eines elektrischen Stromes eine beginnende Oxydation „erforderlich ist. Der durch diese Oxydation erzeugte Strom zersetzt „das Wasser und bedingt dadurch eine stärkere Oxydation des sogenannten positiven Metalls, und diese Oxydation, die anfangs Wirkung war, „wird darauf Ursache des Stroms.“ HOUWINK sagt hierüber: „Haec „expositio satis obscura videtur; non enim liquet fluxum excitatum per „oxydationem denuo aquam decomponere posse et hinc oxydatione oxydationem promoveri.“ Dunkel kann die Erklärung wohl nicht scheinen, aber den Widerspruch, dass eine Wirkung zugleich Ursache dieser Wir-

1) Bringt man nach Schönbein[1] einen passiven Eisendraht in Berührung mit Platin in eine Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd, so scheidet sich an letzterem Metalle auch keine Spur von Kupfer aus; wird aber der passive Eisendraht in der Flüssigkeit zur chemischen Thätigkeit bestimmt (z. B. durch Berührung mit einem gewöhnlichen Eisendraht in der Lösung), so erscheint in dem gleichen Augenblicke das Platin mit einem Kupferhäutchen überzogen. Hier wird aber im Voraus zugestanden, dass die Oxydation des passiven Eisens durch Berührung (Contact) mit gewöhnlichem Eisen zur Oxydation (elektrisch) disponirt werde, und die Erscheinung ist daher für die Contacttheorie beweisend. Eben dieses ist der Fall bei den interessanten Versuchen, welche dieser eifrige Forscher an einem andern Orte[2] beschreibt, und zwar direct, wenn angenommen wird, dass ohne chemische Zersetzung ein elektrischer Strom stattfinde, indirect, wenn ausser dem durch Chemismus erzeugten noch ein *Tendenzstrom* stattfinden soll.

2) Der eigentliche Begründer der chemischen Theorie, De la Rive, leitet die elektrischen Ströme allgemein aus chemi-

---

kung seyn soll, was man beim mechanischen Perpetuum mobile so lange vergebens zu erreichen versucht hat, schliesst sie allerdings in sich. Es heisst dagegen: „Aquae decompositio directe pendet ab unione oxygenii „cum zinco, et haec unio est causa fluxus excitati.“ Diese Erklärung ist bei der Anwendung der Sauerstoffsäure unwiderleglich; wenn aber Zink und Platin metallisch verbunden in reines luftfreies Wasser oder kaustisches Kali getaucht werden, so müssen die Anhänger der chemischen Theorie der bisherigen Annahme zuwider entweder annehmen, dass eins dieser beiden Metalle in den genannten Flüssigkeiten oxydirt werde, oder sie müssen den wirklich vorhandenen elektrischen Strom von der durch den Contact beider Metalle erzeugten Elektricität ableiten, die sich obendrein durch das Elektrometer nachweisen lässt und dann wohl auf gleiche Weise zerlegend wirken muss, als die durch Reibung, Magnetismus, Induction und Wärme ohne vorausgehende Oxydation erzeugte Elektricität. Dass man den hierbei und beim Eintauchen zweier Platindrähte in Flüssigkeiten, welche dieses Metall durchaus nicht oxydiren, entstehenden Strom durch eine eingeleitete Oxydation zu erklären sucht und somit eine unhaltbare Hypothese durch eine neue, ganz unbewiesene unterstützt, ist bekannt.

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXIX. S. 351.

2 Ebendas. Bd. XLIII. S. 229.

schen Wirkungen her[1] und sucht sie endlich gegen die von verschiedenen Seiten, namentlich von PFAFF[2] und von MARIANINI[3], gemachten Einwürfe zu vertheidigen[4]; dabei gesteht er zu, dass BECQUEREL[5] und PELTIER[6] Versuche angestellt haben, aus denen die Entbindung von Elektricität durch blossen Contact hervorgehe, allein er meint, alle Metallflächen würden durch den Einfluss der Luft sehr schnell oxydirt, selbst wenn sie mit einer sehr dünnen Firnissschicht überzogen wären, und hierin liege die Erzeugung der Elektricität beim Volta'schen Fundamentalversuche. Wenn sich aber bei chemischen Einwirkungen keine Elektricität zeige, so sey dieses eine Folge davon, dass die erzeugte sofort wieder neutralisirt werde.

3) Einen Hauptgegner der chemischen Theorie, PFAFF in der erwähnten Schrift, haben wir bereits genannt, und diesem schliesst sich ein anderer, nicht minder gewiegter an, nämlich FECHNER[7], dem die gesammte Elektricitätslehre so viele und bedeutende Erweiterungen verdankt. Vorzugsweise beleuchtet er folgenden Versuch von DE LA RIVE. Steckt man in ein Stück Kalium einen Platindraht, an der entgegengesetzten Seite ein Holzstäbchen, so zeigt sich, so lange letzterer trocken und das Kalium mit reinem Steinöl bedeckt ist, keine Elektricität an dem mit dem Platin berührten Condensator, kommt aber sogleich zum Vorschein, wenn das Stäbchen feucht ist oder das Kalium sich oxydirt. Aus einer genauen Prüfung ging hervor, dass das trockne Stäbchen bloss isolirt, denn es kam selbst dann keine Elektricität zum Vorschein, wenn das Stäbchen am trocknen Ende gehalten, das eingesteckte aber merklich befeuchtet wurde. Die chemische Theorie legt einen grossen Werth darauf, dass Eisen, welches in Wasser und verdünnte Säuren gegen Kupfer positiv ist, in Schwefelleberlösung negativ wird. Eben diese Umkehrung zeigt sich bei Zinn und Kupfer in flüssigem Ammoniak und bei Kupfer und Blei in

1 Poggendorff Ann. Bd. XV. S. 98. 122. Bd. XXXVII. S. 225.
2 Revision der Lehre vom Galvano-Voltaismus. Alt. 1837.
3 Ann. de Chim. et Phys. T. XLV. p. 113.
4 Poggendorff Ann. T. XL. p. 355. 515.
5 Ann. de Chim. et Phys. T. XLVI. p. 286. LX. p. 164.
6 L'Institut. 1835. N. 133.
7 Poggendorff Ann. Bd. XLII. S. 481.

concentrirter und verdünnter Salpetersäure, was dann leicht unter das allgemeine Gesetz gehört, wonach allezeit das stärker angegriffene Metall positiv ist. Es ergiebt sich aber, dass das Kupfer in Schwefelleberlösung durch Veränderung der Oberfläche positiv wird, denn in einer verdünnten Lösung geht das anfänglich normale Verhalten erst allmälig in das entgegengesetzte über. SCHÖNBEIN's eben erwähntes Argument wird auf ähnliche Weise widerlegt; schwieriger aber ist folgendes zu widerlegen. Zink und Kupfer geben in reinem Wasser und in concentrirter Schwefelsäure nur schwache Ströme, in einer Mischung von beiden aber einen starken. Ebenso geben Platin und Gold in reiner Salpetersäure und reiner Salzsäure nur einen schwachen Strom, in einer Mischung von beiden einen stärkeren. FECHNER meint, und unterstützt durch Thatsachen, dass der verstärkte Effect von vermindertem Widerstande abhängen könne; doch dürfte ausserdem der Unterschied wo nicht einzig, doch vorzugsweise von dem geänderten galvanischen Verhältnisse des einen der beiden Metalle oder beider zu den Flüssigkeiten abhängen. Betrachtet man nämlich in dem gegebenen Falle mit Gold und Platin die beiden Säuren einzeln und in ihrer Verbindung bloss als leitend, so ist nicht abzusehn, warum sie vereint einen stärkeren Strom abgeben sollten; wird aber angenommen, dass nur eins der Metalle, z. B. Platin, mit der gemischten Säure stärker negativ disponirt werde, als mit jeder der einzelnen, so muss hierdurch nothwendig der Effect verstärkt werden, und findet dieses bei beiden Metallen statt, so wird diese Hülfswirkung verdoppelt. Diese Deutung ist allerdings nur hypothetisch, sie liegt aber nothwendig im Wesen der Contacttheorie, wonach allgemein durch Verbindung zweier Körper galvanische Erregung erzeugt wird, wenn auch nur eine so schwache, dass sie unmessbar ist. Wir werden hierauf später zurückkommen und erinnern hier nur an die späteren, mit den erwähnten zusammenhängenden Versuche FECHNER's [1], so wie an die Argumente, welche SCHÖNBEIN der einen Reihe derselben entgegengestellt hat [2].

4) Als das vorzüglichste Argument zur Unterstützung der chemischen Theorie der Volta'schen Säule hat man vielseitig

1 Poggendorff Ann. Bd. XLIII. S. 433.
2 Ebendas. Bd. XLIV. S. 59.

das schöne, von FARADAY entdeckte Gesetz der festen elektrolytischen Action angegeben, wie dieses oben bereits erläutert worden ist. Mit Recht aber bemerkt POGGENDORFF[1], dass hierauf gar kein Beweis gegründet werden kann, indem vielmehr allgemein die chemische Wirkung der Elektricität der Intensität ihres Stromes proportional ist, woraus vielmehr die Proportionalität der chemischen Wirksamkeit der Elektricität zu ihrer Masse hervorgeht. Um dieses wenigstens in einem Falle zu zeigen, leitete er den elektrischen Strom einer Saxton'schen Maschine durch zwei Becher mit gesäuertem Wasser, fing in jedem das erzeugte Wasserstoffgas besonders auf und fand beide Quantitäten vollkommen gleich. Ohne Zweifel erstreckt sich daher das merkwürdige Gesetz auf die elektrischen Ströme jeder Art, wenn es nur möglich wäre, dieses bei allen durch das Experiment nachzuweisen. Es lässt sich hieran noch folgendes Argument reihen. Wird der Strom einer Saxton'schen Maschine durch das Galvanometer gemessen und zugleich durch ein Elektrolyt geleitet, so müsste seine Kraft zur doppelten werden, indem zu der vorhandenen nach FARADAY die durch die Elektrolyse erzeugte hinzukäme. Er bleibt aber unverändert, ist unleugbare Ursache des Elektrolyse, und man müsste somit nach FARADAY annehmen, dass ein und dasselbe Agens zugleich Ursache und auch Wirkung der nämlichen Sache seyn könne.

5) Ein Hauptversuch, welchen FARADAY (achte Reihe) als unverträglich mit der Contacttheorie betrachtet, ist folgender. Eine etwa 8 Zoll lange 0,5 Zoll breite, wohl gereinigte Zinkplatte a wurde oben rechtwinklig umgebogen; eine ebenso breite, etwa 3 Zoll lange Platinplatte b wurde mit einem Platindraht s verbunden; bei x lag zusammengeschlagenes, mit Iodkalium getränktes Fliesspapier. Als er diesen Apparat in das mit verdünnter Schwefel-Salpeter-Säure gefüllte Gefäss c eintauchte, trat bei x sogleich eine Zersetzung ein und es war also ein elektrischer Strom vorhanden. Hierauf gründet sich die so oft von FARADAY wiederholte Behauptung, dass es einen elektrischen Strom ohne metallischen Contact gebe, was allerdings ein unumstössliches Argument gegen eine Contacttheorie wäre, welche alle elektrische Erregungen von der Berührung

Fig. 15.

1 Dessen Ann. Bd. XLIV. S. 642.

der Metalle ableitete. Allein Pfaff[1] wendet dagegen ganz richtig ein, dass ein einziges Metall mit zwei ungleichen, sich berührenden Flüssigkeiten gleichfalls einen elektrischen Strom giebt und überhaupt ein Metall, welches zwei Flüssigkeiten berührt, nicht mehr als ein einzelnes betrachtet werden kann, folglich im vorliegenden Falle dasjenige Ende des Zinkstreifens, welches die Säure berührt, positiv gegen dasjenige wird, welches mit dem Iodkalium in Berührung steht. Fechner[2] behandelte die Aufgabe ausführlicher und zeigte durch viele Versuche, dass die zu dieser Classe gehörigen galvanischen Erscheinungen keineswegs mit der Contacttheorie im Widerspruche stehen, im Ganzen vielmehr gegen die chemische zeugen; am vollständigsten aber ist die Sache erörtert und durch eine Menge Versuche erläutert von Poggendorff[3], welcher dabei als Metalle Platin, Silber, Kupfer, Zinn, Eisen und Zink (gewöhnliches, amalgamirtes, destillirtes), als Flüssigkeiten Wasser, verdünnte Schwefelsäure, verdünnte Salpetersäure, verdünnte Salzsäure, gesättigtes Chlorwasser, flüssiges Aetzammoniak und Lösungen von kohlensaurem Natron, Bittersalz, Borax, Zinkvitriol, Kochsalz, Salmiak und Iodkalium anwandte. Sein Apparat bestand aus zwei gläsernen Bechern A und B mit zwei Flüssigkeiten a, b gefüllt, worin zwei Metalle P, N gesenkt und diese mit Kupferdrähten verbunden wurden, deren einer einen Multiplicator m einschloss. Ketten dieser Art haben vier Erregungspunkte, zwei in jedem Gefässe; man hat also zwei entgegengesetzte Ströme e und é, und wenn man den Widerstand w berücksichtigt, so wird nach dem Ohm'schen Gesetze die Intensität des Stromes durch

Fig. 16.

$$\frac{e - é}{w}$$

ausgedrückt, deren Ermittellung aus dem Ablenkungswinkel der Magnetnadel jedoch zu schwierig ist, weswegen zunächst nur die Richtung des Stroms berücksichtigt wurde. Als Hauptresultate gingen aus den zahlreichen Versuchen hervor, dass die Grösse der elektromotorischen Kraft durch jede dem Wasser zugesetzte Substanz, Elektrolyt oder nicht, verändert wird, bald

1 A. a. O. S. 81.
2 A. a. O.
3 Dessen Ann. Bd. XLIX. S. 31.

vergrössert, bald verringert und zwar durch dieselbe und in gleichem Verhältniss zugesetzte Substanz für die eine Metallverbindung vergrössert, für die andre verringert. Zweitens aber steht diese Kraft keineswegs im geraden Verhältniss zur Stärke der Verwandtschaft zwischen dem positiven Metalle und der negativen Flüssigkeit, vielmehr ist sie in Fällen schwach, wo man diese Verwandtschaft für stark zu halten hat, und umgekehrt; ja es entsteht häufig ein kräftiger Strom, wo nach dieser Verwandtschaft gar keine Wirkung zu erwarten wäre. Verschiedene andere interessante Ergebnisse dieser Versuche können hier nicht mitgetheilt werden.

6) An diese Untersuchungen schliessen sich zunächst die neueren von PFAFF [1], die im Wesentlichen nur eine Ergänzung und Fortsetzung desjenigen liefern, was er in seiner oben erwähnten Schrift bereits mitgetheilt hat. Die gestellte Aufgabe war eine zweifache, zuerst zu untersuchen, ob durch die rein chemischen Zersetzungen des Verbrennens und der Verdampfung Elektricität erregt wird, worüber DAVY, BECQUEREL und POUILLET früher Versuche angestellt haben, wobei der Letztere unter andern fand, dass reines Wasser beim Verdampfen keine Elektricität gab, wohl aber salzhaltiges. PFAFF behauptet, alle diese Versuche mit grösster Sorgfalt wiederholt und dabei besonders vermieden zu haben, dass thermoelektrische Wirkungen trügerische Erfolge herbeiriefen. Hiernach gelangte er zu dem Resultate, dass bei keinem Verbrennungsprocesse und bei keiner Entwicklung von Gasen und Dämpfen auch nur die geringste Spur von Elektricität zum Vorschein kam. Eine Spirale von Platindraht in oder neben einer Flamme, in Sauerstoffgas verbrennendes Zink, verbrennendes Wasserstoffgas, Aether und Alkohol gaben nur negative Resultate; bloss ein verbrennender Kohlencylinder zeigte Elektricität, welche aber von dem thermischen Verhalten des glühenden zu dem noch kalten Theile der Kohle abgeleitet wird. Die Entbindungen von Wasserstoffgas, Schwefelwasserstoffgas, Kohlensäure und Salpetergas, wie auch die Verdampfung des Wassers, sowohl des reinen als auch des mit Säuren und Salzen gemischten, gaben gleichfalls bloss negative Resultate. Letztere Behauptung steht mit der gangbaren Vorstellung über die Entstehung der Luftelektricität im Widerspruche; wäre aber die

1 Poggendorff Ann. Bd. LI. S. 110. 197.

Thatsache wirklich gegründet, was wegen der Schwierigkeit bei Handhabung des Condensators nicht leicht mit Evidenz zu ermitteln ist, so liesse sich die atmosphärische Elektricität wohl mit Grunde auf eine thermoelektrische Quelle zurückführen. Uebrigens leugnet auch FARADAY, dass der Wasserdampf an sich ohne Reibung elektrisch sey. (S. oben **Elektricität** durch Wasserdampf.) PFAFF fand dagegen die sämmtlichen Erscheinungen vollkommen bestätigt, welche der ausnehmend geübte Experimentator BÖTTGER bekannt gemacht hat[1]. Befestigt man an dem Teller eines empfindlichen Elektrometers einen am Ende kreisförmig gebogenen Kupfer- oder Platindraht, um ein Platinschälchen darauf zu setzen, und bringt man in letzteres etwa 6 bis 8 Gran vollkommen trocknes citronsaures oder oxalsaures Silberoxyd, so erfolgt durch Erhitzen mit einer Weingeistlampe[2] schnell eine Zersetzung, die bei dem letzteren Salze mit einer gefahrlosen Detonation verbunden ist, und wenn dann sofort die Lampe entfernt wird, so zeigen sich deutliche Spuren negativer Elektricität, die als erzeugt durch die Verbindung von etwas Silber mit dem Platinschälchen betrachtet werden. Die Zersetzung einer Menge anderer Salze dagegen zeigte nie die mindeste Spur von Elektricität; wurde aber krystallisirtes schwefelsaures Kupferoxyd-Kali in das Schälchen gelegt und durch die Lampe in glühenden Fluss gebracht, so zeigte sich keine Elektricität beim Erkalten, wohl aber nachdem die Masse wieder krystallirt war und unter hörbarem Knistern zerriss.

Die zweite Aufgabe war, das Verhalten feuchter Leiter gegen feste Erreger der Elektricität mittelst des Condensators zu prüfen. Die zahlreichen Versuche wurden angestellt, indem PFAFF einen Streifen des zu prüfenden Metalls auf einen gleichen, mit der zu untersuchenden Flüssigkeit getränkten Pappstreifen legte und mit der oberen Seite durch Vermittelung eines mit reinem Wasser genässten Papiers die Condensatorplatte berührte, oder eine heberförmig gebogene Glasröhre mit der Flüssigkeit füllte, ein Stäbchen des Metalls in den einen Schenkel herabsenkte, in den andern einen nassen Pappstreifen, und

1 Poggendorff Ann. Bd. L. S. 41.

2 Bei Versuchen dieser Art dürfte es räthlich seyn, die elektrisch leitende Kraft der Weingeistflamme nicht aus den Augen zu lassen, da sie auf die Resultate leicht einen Einfluss ausüben kann.

von diesem aus mittelst des Fingers die Communication mit dem Condensator herstellte. Als Resultat ging hieraus hervor, dass die Stärke der elektrischen Erregung durchaus in keinem gesetzlichen Verhältniss mit der chemischen Wirkung steht, denn selbst bei gänzlichem Mangel an chemischer Einwirkung fand oft viele Tage hindurch eine elektrische Erregung statt. So wurde Stahl in concentrirte Salpetersäure getaucht und zeigte 14 Tage lang starke positive Elektricität, ohne im mindesten angegriffen zu werden. Blei in concentrirter Schwefelsäure zeigte während 8 Tagen starke positive, Gold und Platin starke negative mit Aetzkali, dagegen Zink in Salzsäure nur schwache, die bei der Abnahme der Zersetzung stärker wurde.

7) Vor allen Dingen darf hier ein Versuch nicht übergangen werden, welchen FARADAY in derjenigen Abhandlung, worin er den Ursprung des elektrischen Stromes in der Volta'schen Kette untersucht[1], als vorzugsweise die Contacttheorie widerlegend und die chemische begründend betrachtet. Sein Apparat bestand aus zwei Glasbechern D und F, mit Schwefelkalium als gut leitender und chemisch auf die angewandten Metalle nicht wirkender Flüssigkeit gefüllt. In den einen Becher war ein Platinblech P und ein Eisenblech E eingesenkt, in den anderen Becher zwei Platinbleche P P, und ausserdem bezeichnet P Platindrähte, E aber Eisendrähte, wonach die Construction der Vorrichtung deutlich ist. Bei G war ein empfindliches Galvanometer eingeschaltet. Von den Berührungsstellen heben sich die beiden a und b als entgegengesetzt auf, die bei x musste aber nach der Contacttheorie einen Strom erregen, doch blieb dieser gänzlich aus, obgleich ein Thermostrom, an einer der Berührungsstellen erregt, die Nadel um 30 bis 40 Grade abweichen machte. Wurde dagegen bei x ein mit Säure oder Salzlösung getränkter Papierstreif oder die Zunge oder nur ein nasser Finger eingeschoben, so entstand sofort ein Strom, und eben dieses konnte bei den Verbindungsstellen a und b geschehen.

Fig. 17.

Sollte dieser Versuch als stringent beweisend gegen die Contacttheorie gelten, so wäre auf jeden Fall erforderlich gewesen, statt dieses zusammengesetzten Verfahrens einfach zu versuchen, ob Eisen und Platin in Schwefelkalium einen Strom

1 Sechzehnte Reihe. §. 1823. Poggendorff Ann. Bd. LII. p. 163.

geben, in welchem Falle die bestrittene Theorie dadurch bewiesen wäre, vorausgesetzt, dass keins der beiden Metalle, wie FARADAY annimmt und annehmen muss, soll nicht chemische Action ohne Erregung eines elektrischen Stromes vorhanden seyn, von der Flüssigkeit chemisch angegriffen wird. Die Controle, dass der thermoelektrische Strom durch die Kette dringt, ist nicht genügend, denn dieser, zwischen Platin und Eisen erzeugt, ist bedeutend stark auf die Magnetnadel wirkend und mag leicht bedeutender seyn, als der des Contactes zwischen diesen beiden Metallen, welcher ohnehin vorhanden ist und durch die Erwärmung noch verstärkt wird. FARADAY verschweigt nicht, dass beim ersten Eintauchen beider Platten, wenn die übrigen Verbindungen der Kette bereits hergestellt sind, ein Strom entsteht, welcher aber nur fünf bis zehn Minuten dauerte, oder wohl mehrere Stunden, wenn das Eisen nicht vollständig gereinigt war. Dieser Strom soll von einer Einwirkung der Schwefelkalium-Solution auf Eisenoxyd herrühren. Da nach diesen und den Erfahrungen Anderer bei der Wiederholung dieses Versuches ein solcher Strom beim ersten Eintauchen allezeit entsteht, und man nicht zugeben wird, die Herstellung oxydfreien Eisens liege ausser dem Bereiche der Möglichkeit, so verliert hierdurch der Beweis an Kraft, und die ganze Erscheinung wird aus dem Gesichtspuncte der chemischen Theorie höchst verwickelt, nach der Contacttheorie aber vollkommen klar. Nach der Richtung des Stromes nämlich ist das Platin positiv, und wenn man auch zugeben wollte, dass die Verbindung des Schwefels mit dem Eisenoxyd eine entgegengesetzte elektrische Wirkung habe, als die Verbindung des Sauerstoffs mit dem Metalle, so wäre doch nicht leicht zu enträthseln, warum der durch Verbindung des Schwefels mit dem Eisenoxyd frei werdende Sauerstoff sich nicht mit dem metallischen Eisen verbinden und diesemnach einen fortdauernden Strom erzeugen sollte. Nach der Contacttheorie ist dagegen das Phänomen ganz einfach. Das Eisen wird mit Schwefelkalium so stark negativ, dass der hierdurch entstehende Strom den durch den metallischen Contact beider Metalle gegebenen Strom durch ein schwaches Uebergewicht überwindet, welches letztere durch die Veränderung der Oberflächen beider Metalle so weit vermindert wird, dass beide entgegengesetzte Ströme sich aufheben. Mit einer Säure oder Wasser dagegen wird das Eisen so stark positiv, dass dieser

stärkere Strom den schwächeren, durch Eisen und Schwefelkalium erregten, völlig überwindet. Nach MARTENS[1] wird das Eisen in der Berührung mit Schwefelkalium passiv, somit dem Platin in elektrischer Beziehung gleich, und kann daher keinen Strom geben. Die weiteren Beweise, welche FARADAY im Verfolge seiner Untersuchungen aufstellt, finden grösstentheils in dem eben Gesagten gleichfalls ihre Erledigung.

8) Ein vor bereits langer Zeit angestellter Versuch scheint mir für die Contacttheorie sehr beweisend. PAYEN[2] senkte eine polirte Eisenplatte und eine Goldplatte in ein Gefäss mit destillirtem Wasser, worin 0,005 Kali aufgelöst war. Nach 18 Monaten zeigte die Eisenplatte keine Spur einer Oxydation. Als darauf beide Platten mit den Enden eines Galvanometers verbunden wurden, wich die Nadel 35° ab; nach einem Zwischenraume von 15 Minuten betrug die Abweichung bei abermaliger Verbindung 25° und nach einer halben Stunde 35°. Dass Eisen im Wasser, worin nur eine sehr geringe Menge Kali aufgelöst ist, auch in der längsten Zeit nicht roste, wird allgemein angenommen, und man sollte daher folgern, dass der elektrische Strom ohne alle chemische Zersetzung entstehe; dennoch aber leiten die Vertheidiger der chemischen Theorie auch diesen von einer beginnenden, einer gleichsam eingeleiteten chemischen Zersetzung ab, die nicht eher zur Wirklichkeit kommen kann, als bis beide Elektricitäten durch den verbindenden vollkommenen Leiter zu strömen vermögen. Auf jeden Fall muss hierbei durch die Berührung der Metalle mit der Flüssigkeit schon eine Trennung der Elektricitäten vorausgegangen seyn, denn es kann unmöglich etwas zu strömen anfangen, ehe es wirklich vorhanden ist.

9) Schon vor langer Zeit hat PFAFF einen schlagenden Beweis gegen die chemische Hypothese in dem Umstande gefunden, dass eine Zink-Platin-Kette in einer Lösung von schwefelsaurem Zink einen elektrischen Strom erregt, wobei nach seiner Ansicht alle chemische Einwirkung gänzlich fehlt. Inzwischen wurde nachgewiesen, dass auch bei dieser Kette die Oxydation des Zinks nicht gänzlich fehlt, vielmehr das wichtige

---

1 Bullet. de l'Acad. Roy. de Bruxelles. T. VIII. p. 308. Poggendorff Ann. Bd. LV. S. 444.

2 Ann. de Chim. et Phys. 1836. Dec. p. 405.

Faraday'sche Gesetz gleichfalls in Anwendung kommt. Als aber die Grove'sche Säule entdeckt wurde, bei deren Construction PFAFF einen auf der Aussenseite dünn platinirten Becher anwandte, fand er, dass ein stärker elektromagnetisirender Strom erzeugt wurde, wenn er eine concentrirte Solution von schwefelsaurem Zink statt verdünnter Schwefelsäure gebrauchte, denn sein Elektromagnet erhielt durch die letztere Combination nur 40 ℔ Tragkraft, durch die erstere aber 50 ℔. Hier fehlt also nach seiner Ansicht jeder primitive chemische Process zur Anregung des elektrischen Stromes, sofern er weder zwischen Zink und gesättigter schwefelsaurer Zinksolution, noch zwischen Platin und Salpetersäure vorhanden seyn kann, und somit hält er dieses für ein eigentliches *experimentum crucis*, wodurch die chemische Theorie gänzlich widerlegt werden soll[1].

10) Wir übergehen die Einwendungen, wodurch die Anhänger der bestrittenen Hypothese auch dieses Argument zu beseitigen gesucht haben[2], und wenden uns vielmehr zu einer Abhandlung, worin POGGENDORFF[3] diese und die Hauptfragen, worauf es vorzüglich ankommt, zusammengestellt hat, und welche allen denen vorzugsweise zu empfehlen ist, die eine definitive Entscheidung der streitigen Frage suchen, da dieser wackere Gelehrte ebenso fein experimentirt als die Thatsachen unparteiisch prüft und die erhaltenen Resultate stets auf bestimmte Masse zurückführt. Im Allgemeinen ist erwiesen, dass weder die Quantität, noch die Intensität des elektrischen Stromes der Stärke der chemischen Action proportional ist, welche die Flüssigkeit auf eins der verbundenen Metalle vor der Schliessung der Kette ausübt, was allerdings der Fall seyn müsste, wenn die chemische Theorie mindestens in ihrer Anwendung auf die hydroelektrische Säule als mathematisch begründet gelten sollte. Die Vertheidiger der chemischen Theo-

1 Poggendorff Ann. Bd. LIII. S. 303.

2 Auf jeden Fall kann das Argument nicht als ein Anerkennung erzwingendes gelten, sofern sich die gänzliche Abwesenheit jeder chemischen Einwirkung nicht mit absoluter Gewissheit nachweisen lässt; nach der bisher geltenden Ansicht werden beide Metalle durch beide Flüssigkeiten allerdings nicht chemisch angegriffen, allein die Vertheidiger der chemischen Hypothese nehmen zu einer bloss eingeleiteten, nicht zur Vollendung gekommenen chemischen Einwirkung ihre Zuflucht.

3 Dessen Ann. Bd. LIV. S. 353.

rie suchen dieses gewichtige Argument durch verschiedene, mitunter nicht ungezwungene, Hypothesen zu beseitigen, stellen aber hauptsächlich das Argument entgegen, dass es keinen hydroelektrischen Strom gebe, wo diese Action gänzlich fehle. Wenn man, wie De la Rive, zu einer weder durch das Auge noch durch Wägung oder auf irgend eine andere Weise wahrnehmbare Oxydation der elektrischen Erreger durch Luft und Feuchtigkeit seine Zuflucht nimmt, so lässt sich dieses Argument wohl aufrecht erhalten; allein eine durch Schmutz erblindende Metallplatte ist deswegen keine oxydirte, und überhaupt ist es bedenklich, eine Ursache als wirksam anzunehmen, bei welcher sich ihre Proportionalität zur erzeugten Wirkung nicht nachweisen lässt. Mit Recht muss man es daher nach Poggendorff als ausgemacht betrachten, dass frisch amalgamirtes Zink in einer durch Auskochen von Luft befreiten Lösung eines neutralen Zinksalzes keine chemische Einwirkung erleidet, wohl aber mit einem negativen Metalle verbunden sofort einen starken Strom erzeugt, und zwar einen kräftigern, als der vom nicht amalgamirten Zink, welches in Säuren unter Aufbrausen gelöset wird. Selbst blankes, nicht amalgamirtes, Zink behält in solchen Lösungen mehrere Tage lang seinen Glanz, eben wie Kadmium, Eisen u. s. w. Auf der andern Seite giebt es allerdings Fälle, in denen die Nichtlösbarkeit der Erreger mit dem Mangel eines elektrischen Stromes zusammenfällt, und es ist begreiflich, dass die Anhänger der chemischen Theorie, namentlich Faraday und De la Rive, hierauf einen besonderen Werth legen. Der vor allen anderen hervorgehobene Fall dieser Art findet statt bei Eisen und Platin in Aetzkali, obgleich auch hierbei, nach Faraday's eigenem Zeugniss, der elektrische Strom nicht gänzlich fehlt. Die Contacttheorie würde aber mit sich selbst in Widerspruch gerathen, wenn sie die Stärke des elektrischen Stromes bloss von dem Contacte der Erreger ableiten wollte, da sie vielmehr die Resultante dieser Erregung und der sie unterstützenden oder hindernden ist, die zwischen beiden und der berührten Flüssigkeit stattfindet, bedingt durch die Veränderung der Oberfläche, welche die Erreger durch den feuchten Leiter erleiden. Wäre dieses Axiom allezeit gehörig gewürdigt worden, so würde vermuthlich der Kampf mit der chemischen Theorie gar nicht begonnen haben, dem die Elektricitätslehre übrigens die Ausbeute einer reichen Masse von Thatsachen verdankt. Fech-

NER hält es daher für mehr als wahrscheinlich, dass der chemische Angriff der Flüssigkeit auf das positive Metall den Strom nicht sowohl erregt, als vielmehr nicht hindert, sofern durch stetes Erneuern der metallischen Oberfläche diejenige Veränderung derselben verhütet oder vernichtet wird, welche das Auftreten des Stromes unmöglich macht, wie denn bei der Zink-Eisen-Kette der Angriff der Schwefelsäure auf das Eisen als negatives Metall verhütet, dass an diesem die sogenannte Polarisation so stark als am Kupfer ausgebildet wird, wodurch dann in Vereinigung mit der gleichfalls herbeigeführten Verminderung des Uebergangswiderstandes der Strom dieser Kette den einer Zink-Kupfer-Kette mit der nämlichen Säure noch übertrifft. Diese noch nicht erklärten Veränderungen der Oberfläche vermögen dann auch die elektrische Differenz zwischen Platin und Eisen in Aetzkali so gut als völlig aufzuheben. Einen weiteren Beweis hierfür findet POGGENDORFF in dem Umstande, dass, wenn man den Strom einer anderen Kette durch jene Kette in der Richtung leitet, nach welcher der Sauerstoff des zersetzten Wassers am Eisen zum Vorschein kommt, dieser sich nicht mit dem Eisen verbindet, sondern gasförmig an ihm aufsteigt. Eben dieses ist der Fall bei einer Eisen-Silber-Kette in einer starken Lösung von salpetersaurem Silberoxyd, indem ein durchgeleiteter Strom auch hierbei keine Oxydation oder Auflösung des Eisens bewirkt, vielmehr wird der Sauerstoff am Eisen gasförmig entwickelt und bei hinlänglich starkem Strome Silberhyperoxyd ausgeschieden. Eine Silberplatte, statt des Eisens, oxydirt sich unter gleichen Umständen und wird aufgelöst; das oxydirbare Eisen muss also passiv werden.

11) POGGENDORFF unterwarf indess die Wirkungsweise der Kalilösung einer näheren Prüfung. Zu diesem Ende füllte er ein poröses Thongefäss mit Salpetersäure (1,33 spec. Gew.), stellte es in eine Kalilauge (1 Gwth. Kali, 4 Gwth. Wasser) und tauchte das Platin in die Säure, das Eisen in das Kali, worauf die Sinusbussole einen mindestens funfzigmal stärkeren Strom gab, als wenn beide Metalle in Kalilauge getaucht wurden. Diese Verstärkung liesse sich aus dem chemischen Einflusse beider Flüssigkeiten ableiten, allein dieses ist nicht erwiesen und wird vielmehr unwahrscheinlich durch den Umstand, dass die elektromotorische Kraft zweier Flüssigkeiten der Intensität ihrer Verwandtschaft nicht proportional ist. Auf jeden

Fall muss indess ein Theil der Verstärkung der Berührung beider Flüssigkeiten beigemessen werden, jedoch nur ein Theil und nicht das Ganze; denn als statt des Eisens Platin genommen wurde, war der Strom bedeutend schwächer, was nicht der Fall seyn konnte, wenn derselbe in der Berührung beider Flüssigkeiten seine einzige Quelle gehabt hätte. Zur weiteren Unterstützung dieser Ansicht dient, dass eine Zink-Platin-Kette mit den angegebenen Flüssigkeiten eine stärkere Wirkung zeigt, als die kräftigste bekannte Säule, die Grove'sche mit rauchender Salpetersäure und verdünnter Schwefelsäure, so dass diese sich sogar für die praktische Anwendung eignen würde, wenn nicht das Kali zu kostbar wäre und der gebildete Salpeter die Thongefässe nicht zerstörte. Da endlich die Schwefelsäure eine stärkere Verwandtschaft zum Kali hat, als Salpetersäure, so musste im Sinn der chemischen Theorie durch Vertauschung der Salpetersäure mit Schwefelsäure eine stärkere Wirkung hervorgehen. Poggendorff versuchte dieses, indem er eine Platin-Eisen- und eine Platin-Platin-Kette mit Schwefelsäure und Kali auf die angegebene Weise construirte; es ergab sich aber, dass auch in diesem Falle die erstere stärker als die letztere, beide aber schwächer waren, als die mit Salpetersäure construirten.

12) Es liessen sich hier noch eine Menge anderweitiger Thatsachen beibringen, z. B. ein zur Unterstützung der chemischen Theorie von Daniel angestellter Versuch und dessen Prüfung durch Poggendorff [1], wie nicht minder die zahlreichen Versuche und Argumentationen von Martens [2] und viele andere; denn die Anhänger der chemischen Theorie finden in jeder Erscheinung der Volta'schen Säulen eine Bestätigung ihrer Ansichten aus dem begreiflichen Grunde, weil die Elektricität überall, wo sie in solcher Menge auftritt, als diese Apparate sie geben, Spuren ihrer chemischen Wirksamkeit zeigt, die Vertheidiger der Contacttheorie dagegen leiten dieselbe stets von der Berührung ab, die nothwendig vorausgehen muss, ehe chemische Wirkung eintreten kann. Inzwischen glaube ich die wesentlichsten Thatsachen, über welche beide Parteien strei-

1 Dessen Ann. Bd. LVI. S. 150.

2 Mém. de l'Acad. de Brux. T. XII. Bullet. de l'Acad. Roy. de Brux. T. VII. p. 305. L'Institut. 10me Ann. N. 421. p. 25.

ten, vollständig genug angegeben zu haben, um so mehr, als nach meiner Ansicht die Hauptfragen nothwendig erst erledigt seyn müssen, ehe der Streit über eine specielle elektrische Wirkungsweise überhaupt beginnen kann. Die Ursache einer unverkennbar einseitigen Auffassung des ganzen Problems liegt in den interessanten Erscheinungen, welche die Volta'sche Säule darbietet, die man obendrein so leicht mit den geringsten Hülfsmitteln hervorrufen kann, weswegen man bei der Erklärung der Ursache der elektrischen Erscheinungen sich lediglich oder mindestens vorzugsweise an diese hielt, statt das Gesammtverhalten derselben in Verbindung mit den übrigen elektrischen Erscheinungen stets im Auge zu behalten. Dass ein solches Verfahren aber ein unzulässiges sey, fällt ohne Weiteres in die Augen, denn wie würden wir z. B. jemals zu einer wissenschaftlichen Optik gelangt seyn, wenn wir einseitig bloss bei den chemischen Wirkungen der Lichtstrahlen stehn geblieben wären? Handelt es sich daher um Feststellung einer Theorie über das Wesen und die Wirksamkeit der Elektricität, so hat die Elektricität, welche eine zerbrochene Siegellackstange zeigt, die beim Volta'schen Fundamentalversuche zum Vorschein kommt, die durch Reibung, Wärme und Magnetismus erzeugte, wie nicht minder die durch Induction hervorgerufene, mit der in der Volta'schen Kette sich zeigenden gleiche Rechte, und was von der einen behauptet wird, muss unter gehörigen Modificationen auf alle übrigen Anwendung leiden. Hiernach müssen nothwendig folgende Fragen erst zur Erörterung kommen:

1) Die erste und wichtigste Hauptfrage ist die über das Wesen desjenigen, was wir *Elektricität* nennen; ist diese ein wirkliches Etwas, ein *ens sui generis*, ein eigenthümliches Fluidum, welches strömt, wenn wir von einem elektrischen Strome reden? Nach Faraday existirt kein solches Fluidum, vielmehr sind die elektrischen Erscheinungen Folgen einer Kraft, einer Molecularkraft, erzeugt durch den chemischen Einfluss der Körper, auf jeden Fall modificirt durch die Substanzen, welche zwischen zwei Polen, d. h. den Enden solcher Körper liegen, welche den Act der chemischen Zersetzung, von ihm Strom genannt, durch sich hindurchleiten. Hiernach ist er unter allen Vertheidigern der chemischen Theorie allein mit sich consequent, denn er ist nicht gezwungen nachzuweisen, was und wo die Elektricität vor ihrem Erscheinen

war und was nachher aus ihr wird; sie entsteht mit der chemischen Action und hört mit dieser auf. Allein diese Hypothese, welche in Beziehung auf die Volta'sche Säule vielleicht unwiderleglich ist, weil hierbei allezeit chemische Actionen vorhanden sind und es also der Willkür überlassen bleibt, ob man diese für Ursache oder für Wirkungen der Elektricität halten will, vorausgesetzt zugleich, dass das allgemeine Naturgesetz, wonach die Wirkung der Ursache jederzeit in einem bestimmten Verhältnisse proportional seyn muss, hierbei nicht in Anwendung kommt, passt nicht auf alle elektrische Erscheinungen; denn man wird doch schwerlich annehmen, dass der Blitz, welcher aus einer Wolke herabfahrend die durchbrochene Luft mit Gewalt zur Seite treibt (sogenannte Platzungen) und unten den mächtigsten Eichbaum spaltet, durch die zwischen den beiden Polen liegenden materiellen Theile erzeugt oder genetisch bestimmt sey. Ebenso wenig wird man geneigt seyn, anzunehmen, dass der elektrische Strom (Kraft), welcher einen Kupferdraht durchströmt, in einem genäherten Kupferdrahte einen inducirten Strom (Kraft) durch Vermittelung der zwischenliegenden Luft erzeuge. Wo giebt es einen Fall, worin eine Kraft eine andere Kraft erzeugt? Allerdings würde dieses der Fall seyn, wenn die chemische Kraft die elektrische hervorriefe, allein das ist eben die Frage, wobei unmöglich das zu Beweisende durch sich selbst bewiesen werden kann. Ueberhaupt, wenn wir von den Kräften in lebenden Wesen abstrahiren, die viel zu dunkel sind, als dass wir aus ihnen Erklärungen hernehmen könnten, die sie vielmehr aus der todten Natur erwarten, ist unausgesetzte, bestimmten Gesetzen unterliegende Wirksamkeit dasjenige, was wir mit dem Wesen einer Kraft verbinden, und wir haben daher nur eine einzige, allem Materiellen zukommende, vielfach als Cohäsion, Adhäsion und chemische Verwandtschaft durch die Eigenthümlichkeit der Materie modificirte Kraft der Anziehung; allen andern Erscheinungen liegt ein materielles Substrat zum Grunde, dem Lichte und der Wärme ein Aether, die Erscheinungen des Schalles setzen das Vorhandenseyn wägbarer Materie voraus, und bei den mechanischen, hydrodynamischen und aërodynamischen Phänomenen hat man dieses noch niemals bezweifelt; wir müssen daher auch den elektrischen und magnetischen eine materielle Basis zum Grunde legen, um so mehr, als auf jeden Fall die

Elektricität sich massenhaft genug zeigt. Ohne dieses würden wir rückschreitend uns wieder in die nutzlosen Speculationen verirren, nach denen die Naturphilosophen im Anfange dieses Jahrhunderts alle Naturerscheinungen auf gewisse Kräfte und deren Modificationen zurückführen wollten. So lange daher FARADAY kein materielles Substrat der elektrischen Phänomene, keine eigenthümliche Elektricität, annimmt, ist eine Verständigung mit ihm nicht wohl möglich, die ohnehin auch dadurch abgeschnitten ist, dass er nach einer jüngsten Erklärung die Einwürfe gegen seine Theorie, die ihm namentlich auf dem Continente entgegengestellt werden, nicht weiter beachten will. Er ahmt hierin seinem grossen Landsmann NEWTON nach, welcher, ermüdet durch widerholte Einwürfe, diejenigen unbeachtet liess, die gegen seine Lichtbrechungsversuche aufgestellt wurden; es zeigte sich aber nach etwa einem halben Jahrhundert, dass er seinen unsterblichen Erfindungen auch die der achromatischen Linsen hinzugefügt haben würde, wenn er die von LUCAS gebrauchten Glassorten und die damit erhaltenen Resultate einer näheren Prüfung unterworfen hätte (Bd. IX. S. 217). FARADAY hat indess, so viel mir bekannt, in dieser Beziehung keinen Proselyten gemacht; alle Elektriker nehmen das Vorhandenseyn eines Etwas, Elektricität genannt, an, und somit ist also dieser erste Satz zugestanden. DE LA RIVE[1] nimmt einen Aether an, welcher durch die chemische Action in Schwingungen versetzt werden soll; allein verhielte sich die Dichtigkeit dieses Aethers zu der der Luft, wie die Wirkungen des Blitzschlages zu der der Schallwellen, so müssten wir ihn bereits genauer kennen. Uebrigens ist ein Aether immerhin ein Fluidum, und die chemische Theorie der hydroelektrischen Säule wäre nur dann durch diese Hypothese gerettet, wenn die Art der Erregung dieser Undulationen mit allen andern in Einklang gebracht würde.

2) An diese erste Frage schliesst sich unmittelbar die zweite, nämlich ob es nur eine oder ob es zwei Elektricitäten giebt. Man hat den lange hierüber geführten Streit neuerdings gänzlich auf sich beruhen lassen, glaubt aber die verschiedenen Erscheinungen nicht aus einem Ueberfluss und einem Mangel erklären zu können, und nimmt daher, sofern die positive Elektricität sich von der negativen verschieden zeigt, zwei Elektri-

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXVII. S. 225.

citäten an, die sich mit einander vereint neutralisiren. Da in der Natur selten etwas isolirt steht, so lässt sich für dieses eigenthümliche Verhalten auch allenfalls ein Analogon finden. Kennten wir bloss die beiden Bestandtheile des Wassers und deren neutrale Verbindung als Dampf, so scheint es uns zwar jetzt leicht, das Wesen dieser drei Körper genauer zu ergründen, es dürfte aber ursprünglich grosse Schwierigkeiten gehabt haben, dahin zu gelangen. Wie indess das Wesen beider Elektricitäten und ihrer neutralen Verbindung auch seyn möge, man nimmt einmal, auf Thatsachen gestützt, ihre Existenz an und hofft durch fortgesetzte Bemühungen ihre Wesenheit näher kennen zu lernen.

3) Sind diese beiden Sätze zugegeben, so folgt mit Rücksicht auf die Axiome, wonach es im Bereiche der uns bekannten Natur weder eine Schöpfung aus dem Nichts giebt, noch auch das einmal Vorhandene wieder in das Nichts übergehen kann, dass die auf irgend eine Weise zum Vorschein kommende Elektricität schon vorher dagewesen seyn muss und nach ihrem Erscheinen und den Aeusserungen ihrer Wirkungen nicht eigentlich verschwinden, sondern nur an andere Körper übergehen oder in den Zustand der Neutralität zurückkehren kann. Genau genommen bestehen also alle elektrische Erscheinungen in nichts weiter als in den Aeusserungen beider Elektricitäten bei ihrer Trennung und ihrer Wiedervereinigung, welche letztere eine Folge ihrer gegenseitigen Anziehung ist und bei vorhandenen Hindernissen auch langsam geschehen kann, statt dass die Trennung mindestens in der Regel momentan erfolgt.

Diese drei Sätze sind die Grundlage der gesammten Elektricitätslehre; man muss diese sowohl, als auch das gesammte Verhalten aller elektrischen Erscheinungen stets vor Augen haben, wenn man eine derselben oder eine gewisse Classe genügend erklären will. Ohne Vollständigkeit zu bezwecken, mögen hier noch einige Hauptsätze Platz finden. Zuvörderst ist es unmöglich, über die Quantität der in einem gegebenen Körper vorhandenen neutralen Elektricität irgend eine Messung anzustellen; denn wenn auch durch einen geladenen Conductor in einem genäherten isolirten Körper die eine Elektricität gebunden und die andere abgeführt wird, so lässt sich doch nie bestimmen, in wie weit die Trennung beider vollständig gewe-

sen sey. Hinsichtlich der dynamischen Elektricität kann überhaupt die Frage gar nicht stattfinden. Zweitens sind die Mittel, die eine Trennung der neutralen Elektricität bewirken und also elektrische Erscheinungen herbeiführen, wahrhaft zahllos, was als allgemein bekannt noch beweisen zu wollen sich nicht der Mühe lohnt. Insbesondere spielt dabei die wechselnde Wärme eine vorzügliche Rolle, und es ist wohl keine zu kühne Hypothese, wenn wir von ihr diejenige elektrische Erregung ableiten, durch welche unsere Erde zu einem Thermomagneten wird. Ueberhaupt ist es für die Erhaltung der Natur ein höchst wichtiges, wo nicht vielmehr ein nothwendiges Gesetz, dass die todte, bloss der Anziehung folgende Materie durch die sogenannten Inponderabilien stets neu aufgeregt wird, indem diese, Licht, Wärme, Elektricität und Magnetismus, einander wechselseitig hervorrufen, wodurch dann zugleich, mindestens vermittelst des Lichts, unsere Erde mit der Gesammtsumme der Weltkörper in Relation tritt.

Das Hauptmittel elektrischer Erregung ist unbestreitbar der Contact, welchem als Basis die durch Berzelius aufgestellte elektrochemische Theorie dient, sofern hiernach jedes Körperelement ursprünglich eine vorwaltende Verwandtschaft zu einer der beiden Elektricitäten hat, und wonach die chemischen Verbindungen durch das Bestreben dieser beiden Elektricitäten, sich gegenseitig zu neutralisiren, vermittelt werden. Wollte man die Sache in dieser Ausdehnung nehmen, so wären alle primären elektrischen Erscheinungen (wozu also die magnetoelektrischen und die der Induction nicht gehören, sofern diese sich leichter auf die Hervorrufung des Magnetismus durch Elektricität und Trennung der ruhenden Elektricität durch Magnetismus zurückführen lassen) Folge des einfachen oder des modificirten Contactes. Der Volta'sche Fundamentalversuch, welcher sich leicht auch auf Flüssigkeiten unter sich und mit festen Körpern ausdehnen lässt, steht hier an der Spitze, die Reibung ist, wie Faraday selbst zugesteht, bloss ein stets sich wiederholender Contact, und wenn beim Contacte zweier Körper die Wärme, welche ohnehin die neutrale Elektricität zu trennen geneigt ist, mitwirkend hinzukommt, so wird daraus die Entstehung eines Stromes erklärlich, wie nicht minder die in thermoelektrischen Krystallen als Folge veränderter Aggregation der Molecüle hervortretende Elektricität. Indem die Anhänger der Contacttheorie dann

weiter annehmen, dass die sich zur Herstellung einer chemischen Verbindung berührenden Elemente zweier Körper gleichfalls Elektricität entwickeln, erhalten sie ein einfaches Princip, aus welchem sich, eben wie in der Optik aus der Annahme eines undulirenden Aethers, alle elektrischen Phänomene ableiten lassen.

Hier tritt aber die chemische Theorie feindlich entgegen, indem sie behauptet, der Ursprung der Elektricität in der hydroelektrischen Säule liege in der chemischen Action der flüssigen Leiter gegen die festen Körper oder gegen einander selbst, wenn zwei Flüssigkeiten vorhanden sind, die Metalle dagegen seyen nicht Erreger der Elektricität, sondern bloss Leiter derselben. Nach Faraday wird hierbei das, was wir Elektricität nennen, aus dem Nichts geschaffen, oder der elektrische Strom besteht bloss aus dem Fortgange der chemischen Zersetzung durch den flüssigen Leiter der Säule, welcher Fortgang dann durch die metallische Leitung fortgeführt diesen zur Elektrode macht. Nach L. Gmelin [1] giebt jedes Theilchen der zerlegten Flüssigkeit seine Wärme ab, die für den einen Bestandtheil zur positiven, für den andern zur negativen Elektricität wird; allein die Physiker werden sich nicht leicht zu dieser, übrigens durch keine weitern Beweise begründeten, Hypothese, wonach die Wärme ein Zusammengesetztes aus beiden Elektricitäten seyn müsste, verstehen. Allgemein wird aber angenommen, dass beide Elektricitäten beim chemischen Process zum Vorschein kommen und sich den Enden (Polen) der Elektroden mittheilen. Schliessen wir hierbei die Erzeugung derselben aus dem Nichts als mit einer vernünftigen Naturphilosophie unvereinbar aus, so muss sie nothwendig, und zwar im Zustande der Neutralität, schon vor dem Eintritte der chemischen Action vorhanden gewesen seyn, und die Frage reducirt sich also in ihrer einfachsten Gestalt darauf, was die eigentliche Ursache ihrer Trennung sey. Die Vertheidiger der Contacttheorie sagen: da die Trennungen der beiden Elektricitäten durch Berührung verschiedener Metalle unter sich und mit Flüssigkeiten entschieden vor sich gehen, so ist diese Ursache auch in der hydroelektrischen Säule thätig; die Anhänger der chemischen Theorie aber lassen diese Trennung erst durch die chemische Action bewirkt werden. Da unleugbar jede chemische Action aus dem Contacte

1 Poggendorff Ann. XLIV. S. 1. 37.

(der Vereinigung) der näher verwandten Elemente der Körper besteht, im Momente dieser Vereinigung (des Contactes) aber die Elektricität zum Vorschein kommt, so haben die Vertheidiger der chemischen Theorie die schwere, wo nicht unmögliche Aufgabe, zu beweisen, dass die Trennung der vorher vorhandenen neutralen Elektricität nicht durch den Contact der Flüssigkeit mit dem in Gemässheit unleugbarer Erfahrungen elektrisch disponirten Metalle, sondern durch die gleichzeitige chemische Trennung und Verbindung erfolge. Fest begründete Thatsachen beweisen, dass chemische Wirkungen ebenso wohl durch Reibungselektricität, Thermoelektricität, Magnetoelektricität und den inducirten Strom erzeugt werden, wo doch das, was wir Elektricität nennen, schon früher vorhanden war, dass mithin die Elektricität chemische Wirkungen hervorbringt oder Ursache derselben ist, und es hat daher allerdings vieles wider sich, anzunehmen, dass sie ausnahmsweise und umgekehrt in der hydroelektrischen Säule die Wirkung derselben seyn soll.

Stellt man von diesem allgemeinen, die Gesammtheit aller elektrischen Erscheinungen berücksichtigenden Standpuncte aus beide Theorieen neben einander, so lässt sich der Contacttheorie eine grössere Einfachheit und innere Consequenz nicht absprechen. Der Volta'sche Fundamentalversuch und der dadurch gegebene Beweis, dass durch Berührung der Metalle beide Elektricitäten wirksam hervortreten, lässt sich einmal nicht in Abrede stellen, das Bestreben aber, diese Wirkungen von hypothetischen, nicht nachweisbaren chemischen Einflüssen der Luft abzuleiten, ist dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft, die jede Erscheinung einer möglichst genauen Messung zu unterwerfen für ihre wesentlichste Aufgabe hält, nicht angemessen. Wollte sich die chemische Theorie auf eine gleich sichere Basis stellen, so wäre ihre nothwendige Aufgabe, nachzuweisen, dass durch bloss chemische Action gleichfalls Elektricität entwickelt werde, ja es müsste dieses nicht bloss für einen einzigen Fall nachgewiesen werden, sondern in gleicher Allgemeinheit, als bei der Contacttheorie, für alle chemische Actionen, wenn auch bei einigen die Elektricität minder energisch, sogar bis zum Verschwinden einer genügenden Messung, zum Vorschein kommen sollte. Nach den erwähnten Versuchen Pfaff's, die noch keine genügende Widerlegung gefunden haben, vielmehr durch Böttger bestätigt worden sind, fehlt indess dieser Beweis,

mindestens als ein unzweifelhafter und deutlicher, noch überall. Gesetzt aber, er würde vollständig geliefert, so könnte er die Thatsache der elektrischen Erregung durch den Contact ebenso wenig als die durch Magnetismus, Induction u. s. w. aufheben oder widerlegen, vielmehr würde die Erzeugung der Elektricität durch chemische Verbindung oder Trennung (gegebenen oder aufgehobenen Contact) nur ein specieller Fall der allgemeinen elektrischen Erregung durch Contact seyn.

Diese allgemeinen, aus Thatsachen unmittelbar oder doch nahe unmittelbar abgeleiteten Folgerungen zeigen, dass der Streit keineswegs die Wichtigkeit habe, die ihm meistens beigelegt wird; auch würde er schwerlich erhoben worden seyn, wenn Faraday, dessen grosse Autorität alle seine Landsleute und eine Menge Physiker des Continents zu Anhängern seiner Theorie gemacht hat, vor dem Aufstellen derselben von Jacobi's Versuchen früher Kenntniss gehabt hätte. Diesem scharfsinnigen Forscher konnte die Folgerung nicht wohl entgehen, dass ein Stück Zink, in verdünnte Schwefelsäure getaucht, durch Aufnahme des negativen Sauerstoffs nothwendig elektrisch werden müsse, wenn sich der positiv elektrische Wasserstoff entfernte, vorausgesetzt dass durch diesen chemischen Process die ruhende Elektricität frei wird. Eben hieraus leitet er denn auch den Funken ab, welcher nach seiner Meinung vom Zink zum Kupfer überspringen sollte. Nachdem er später hierüber eines Bessern belehrt wurde, hatte er seine Theorie schon zu vollständig ausgebildet, als dass er ein nach seiner Ansicht so schönes Gebäude, wenn auch auf morschem Fundamente errichtet, wieder aufgeben sollte.

Es giebt noch eine Menge Abhandlungen, welche über die Lehre vom Galvanismus wichtige Thatsachen enthalten, allein es würde zu viel Raum erfordern, auch nur die Hauptsachen hier mitzutheilen. Erwähnt zu werden verdienen indess vorzugsweise die Untersuchungen, welche Schönbein[1] über den Einfluss der Elektrolyte auf die Stärke des Stromes der einfachen Kette angestellt hat, insofern unter geeigneten Umständen die Zersetzung, die man der Stärke des elektrischen Stromes proportional setzt, vermehrt oder vermindert oder ganz

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LVII. S. 39.

aufgehoben wird. Dieser Einfluss wird den Erfahrungen gemäss ausschliesslich durch die chemische Beschaffenheit der zu zersetzenden Flüssigkeit bedingt. So wird reines Wasser durch Gold- oder Platin-Elektroden nicht merklich zersetzt; ist aber die negative Elektrode mit einem Stoffe umgeben, welcher eine grosse Verwandtschaft zum Wasserstoffe besitzt, so tritt merkliche Zersetzung ein, wie das an der positiven Elektrode entwickelte Sauerstoffgas zeigt. Zu den dem Wasserstoff verwandten Körpern gehören Blei- und Silber-Hyperoxyd, Salpetersäure, Chromsäure, Mangansäure, Schwefelsäure, leicht reducirbare Metalloxyde, Chlor und Brom, und die Anwesenheit dieser Substanzen in dem zu zerlegenden Wasser oder ihr Anhaften an der negativen Elektrode begünstigt die Zersetzung. Ist dagegen die positive Elektrode mit einer Hülle von Wasserstoff umgeben oder besteht sie selbst aus einer leicht oxydirbaren Substanz, so tritt eine lebhafte Wasserstoffgasentwickelung an der negativen Elektrode ein. Werden die Elektroden in concentrirte Schwefelsäure getaucht, so zeigt sich keine Zersetzung, wohl aber, wenn die Säure durch Wasser verdünnt ist; befindet sich dagegen in der Zersetzungszelle concentrirte Salpetersäure bei der Anwendung von Gold- oder Platin-Elektroden, so nimmt diese Säure im concentrirten Zustande begierig Wasserstoffgas auf und verwandelt sich in salpetrige Säure, weswegen dann eine lebhafte Zersetzung stattfindet, welche bei Anwendung der verdünnten Säure wieder aufhört.

Handelt es sich um die Ursache dieser Erscheinung, so verwirft Schönbein die Erklärung der Contacttheorie, wonach durch den elektromotorischen Einfluss der Elektroden auf die zu zerlegende Substanz ein neuer Einfluss den durch Contact der Metalle entstehenden verstärken soll, und zwar aus dem Grunde, weil sonst die bei gleichen Elektroden entgegengesetzten Wirkungen sich aufheben müssten. Befindet sich z. B. in der Zersetzungszelle concentrirte Salpetersäure oder Chromsäure, so entbindet sich an den Gold- oder Platinelektroden an der positiven Sauerstoffgas, während an der negativen der Wasserstoff die daselbst vorhandenen Säuren desoxydirt; allein hierbei kann keine elektromotorische Kraft hinzukommen, da beide Elektroden in die nämliche Säure tauchen. Dieses Argument ist aber keineswegs genügend; denn wenn die ganz gleichen Enden eines Platindrahtes in eine Säure eingetaucht werden,

so findet allerdings aus der angegebenen Ursache wegen ganz gleicher Bedingungen kein Strom statt, ist aber die eine Elektrode anderweitig modificirt, so tritt derselbe allerdings ein. Ist daher durch die einfache Säule bereits ein Strom gegeben, so sind die Elektroden eben dadurch nicht mehr völlig gleich, und selbst die Flüssigkeit, deren Zersetzung bereits eingeleitet ist, kann nicht mehr an beiden Puncten als völlig gleich betrachtet werden, so dass also sehr wohl aus diesen Ursachen eine Verstärkung des bereits vorhandenen Stromes entstehen könnte. Dass die Ursache ferner nicht in einer Verminderung des Leitungs- und des Uebergangs-Widerstandes zu suchen sey, soll aus genügenden Gründen hervorgehen, was einstweilen auf sich beruhen mag. Von unverkennbarem Einflusse ist die Polarisation der Elektroden. Um dieses deutlich zu machen, befinde sich reines Wasser in der Zersetzungszelle. Im ersten Momente des Stromes setzt sich Sauerstoff auf der positiven und Wasserstoff auf der negativen Elektrode ab, wenn beide aus Platin bestehen. Hierdurch werden beide polarisirt, und die Stärke des Stromes kann im zweiten Zeitmomente nicht mehr gleich gross seyn, weil die Polarität einen secundären entgegengesetzten Strom hervorruft. Dieser letztere könnte dem primitiven gleich seyn, allein das umgebende Wasser nimmt einen Theil der zerlegten Substanz weg, und daher wird der ursprüngliche Strom zwar nicht gänzlich aufgehoben, wohl aber so geschwächt, dass die Wasserzersetzung unmerklich erscheint. Hat aber die zu zerlegende Flüssigkeit die Eigenschaft, dass sie den an der negativen Elektrode abgelagerten oder noch besser den entstehenden Wasserstoff wegnimmt, oder findet das nämliche Verhalten in Beziehung auf den Sauerstoff bei der positiven Elektrode statt, oder ist endlich die Wirkung bei beiden Elektroden gleichzeitig vorhanden und wird hierdurch die Polarisation der einen oder beider Elektroden und somit der Gegenstrom zum Theil oder gänzlich aufgehoben, so muss dadurch der ursprüngliche Strom ungeschwächt bleiben oder nach Umständen sogar verstärkt werden, wenn nämlich die zerlegten Substanzen sich mit den Elektroden chemisch verbinden und die hieraus entstehenden Gebilde von der zu zerlegenden Flüssigkeit im Entstehen weggenommen werden.

Um mit Sicherheit zu bestimmen, ob diese Depolarisation

die einzige Ursache der Verstärkung sey, müsste man das Verhältniss des ursprünglichen Stromes zum Gegenstrom kennen (vergl. **Säule**), was aber nach Schönbein unbekannt und vielleicht unmöglich zu ermitteln ist. Aus Gründen findet er indess diese Ursache nicht genügend und glaubt vielmehr, dass die Zerlegung selbst dabei mitwirke, indem z. B. durch Zerlegung eines Atoms Wasser das freigewordene Atom seines einen Bestandtheiles chemisch (zerlegend) auf das nächstliegende Atom Wasser wirke, und so fort. Dass hierdurch eine eigentliche Verstärkung entstehe, scheint mir nicht zu folgen, denn das freigewordene Atom des Bestandtheils kann nicht stärker auf das noch verbundene Atom wirken, als diejenige Wirkung war, die dasselbe zur Trennung brachte, und der Effect reducirt sich nur darauf, dass sich die Zerlegung durch den ganzen Zwischenraum zwischen beiden Elektroden fortpflanzt. Ist ferner die negative Elektrode unmittelbar mit einer Substanz umgeben, welche zum Wasserstoff eine grosse Verwandtschaft besitzt, z. B. Chlor, Brom u. s. w., so muss diese auf den Wasserstoff des benachbarten Wassermolecüls eine Anziehung ausüben und dadurch die Trennung unterstützen. Wenn aber ese Erscheinung der chemischen Theorie zur Stütze dienen soll, so wird umgekehrt die Contacttheorie sie zu ihren Gunsten in Anspruch nehmen, denn sofern einmal sicher die Hauptursache der Erscheinung auf der Polarisation der Elektroden beruhet, so ist der hierdurch erzeugte Gegenstrom gewiss durch die Verbindung (Berührung) der Elektrode mit dem durch Zerlegung gebildeten Bestandtheile bedingt, der unterstützende chemische Process kann aber nicht anders wirken, als dass die bei der Zerlegung getrennten einzelnen Elektricitäten mit ihren Molecülen an die Rheophore übergehen und diesemnach in den schon bestehenden Strom eintreten, wenn wir nicht naturwidrig annehmen wollen, dass der durch die einfache Säule erregte elektrische Strom zerlegend wirke, die durch die Zerlegung erzeugte Elektricität aber diesen unterstütze, also die nämliche Potenz gleichzeitig Ursache und Wirkung sey. Eine Entstehung der Elektricität aus dem Nichts endlich ist wohl an sich einer richtigen Naturphilosophie widerstreitend, und wenn auch wohl mit den Wirkungen der hydroelektrischen Säule, doch auf keine Weise mit den zahllosen übrigen elektrischen Erscheinungen vereinbar.

Die sonstigen bedeutenden Zusätze zum Art. **Galvanismus** befinden sich beim Art. **Säule.**

Galvanographie. S. **Galvanoplastik.**
Galvanokaustik. S. **Galvanoplastik.**
Galvanomagnetismus, so viel als Elektromagnetismus. III. 474.
Galvanometer. III. 254. IV. 1011. S. **Multiplicator.**

Zus. **Galvanoplastik** oder Bildung durch galvanische Elektricität, mit ihren mehrfachen Verzweigungen, ist bereits in das Gebiet der Technik übergegangen; der wissenschaftlichen Physik liegt aber ob, die Naturgesetze zu entwickeln, worauf dieselbe beruht, und die Geschichte ihrer Erfindung der Nachwelt zu bewahren, worauf wir uns hier beschränken wollen. Dem Wesen nach beruht sie in allen ihren Modificationen auf dem oben (s. **Galvanismus**) angegebenen, von FARADAY aufgefundenen Gesetze, wonach die Mengen der durch den nämlichen elektrischen Strom zersetzten und wieder gebundenen Substanzen einander gleich sind, mithin auch namentlich an beiden Polen gleiche Mengen Sauerstoff frei gemacht und gebunden werden. Der erste Erfinder der Galvanoplastik, eben wie der Säule von constanter Wirkung ist WACH, welcher im J. 1830 das Zink nebst der schwach auf dasselbe einwirkenden Flüssigkeit in poröse Hüllen, meistens Thierblase, einschloss und an der zugehörigen Elektrode metallisches Kupfer aus einer gesättigten Kupfervitriollösung niederschlug [1]. Im Jahre 1837 erwähnte DE LA RIVE gelegentlich die Ablagerungen des Kupfers auf Kupfer mit Nachbildung der feinsten Figuren [2], ohne dass man dieses jedoch genauer beachtete; der eigentliche Erfinder der Galvanoplastik ist aber JACOBI, welcher die treusten und schönsten Copieen von Medaillen herstellte und dafür mit einer Summe von 25000 Silberrubeln wahrhaft kaiserlich belohnt wurde [3]. Gleich nach dem Bekanntwerden dieser Erfindung zeigte SPENCER [4] seine Elektrotypen oder Voltaitypen, die er mit Anwendung einer Daniell'schen constanten Säule aus Kupfer gebildet hatte. Eine Erweite-

---

1 Schweigger's Journ. Bd. LVIII. S. 20—66.

2 Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. XI. p. 274.

3 Die Galvanoplastik u. s. w. Petersb. 1840.

4 Dingler's polyt. Journ. Bd. LXXV. S. 34. Bd. LXXVII. S. 343.

rung dieser Kunst ging von MURRAY aus, welcher 1840 äusserte, auch nichtleitende Körper liessen sich zur Galvanoplastik verwenden, sobald sie nur einen dünnen leitenden Ueberzug erhielten. Seitdem ist die Galvanoplastik von vielen Gelehrten und Technikern behandelt worden, die Apparate sind ausnehmend vervielfältigt, und auch die dem Wesen nach damit verwandten Verfahrungsarten sind zu einem hohen Grade der Vollkommenheit gebracht worden. Durch ihre wissenschaftlichen Bemühungen haben sich dabei vorzüglich R. BÖTTGER und der Herzog von LEUCHTENBERG ausgezeichnet, so wie v. KOBELL durch die Erfindung der Galvanotypie und DE LA RIVE nebst RUOLZ als Erfinder der Vergoldung.

Bezweckt man bloss, die Fällung des Kupfers auf galvanischem Wege zu zeigen, so genügt ein einfacher roher Apparat. Man bilde ein Säckchen aus Thierblase, giesse stark verdünnte Schwefelsäure hinein und lege in diese ein Stück Zink mit einem dünnen angelötheten oder fest hineingesteckten Metalldrahte. Diese Vorrichtung wird in ein flaches Glas, eine Untertasse oder auf einen Porzellanteller gesetzt, worin man in der Hitze bereitete Kupfervitriollösung gegossen hat, in welche man das metallische oder mit einem leitenden Ueberzuge versehene Modell legt und mit dem vom Zink ausgehenden Drahte leitend verbindet. Augenblicklich beginnt die Fällung des glänzenden metallischen Kupfers sichtbar zu werden. Die auf solche Weise erzeugten galvanoplastischen Gebilde können nicht schön werden, weil der Grad der Concentration der Kupfervitriollösung stets abnimmt und daher das metallische Kupfer in nicht gleichmässig compactem Zustande niederfällt. Einen für die verschiedensten Operationen sehr brauchbaren Apparat, welcher ganz im Kleinen, aber auch beliebig gross ausgeführt werden kann, hat BÖTTGER angegeben und zur Erzeugung seiner ausgezeichnet schönen Platten benutzt. Ein gläsernes Gefäss a a wird mit gesättigter Kupfervitriollösung bis e e angefüllt und in dieses ein an beiden Seiten offener Glascylinder b b mittelst des umgeschlungenen und an beiden Seiten zusammengedrehten Drahtes c c aufgehangen. Dass man statt des haltenden Drahtes auch einen hölzernen, auf dem Rande des unteren Gefässes aufliegenden Ring wählen könne, liegt nahe bei der Sache. Der untere Theil des Cylinders ist mit einer vorher erweichten dünnen Thierblase überbunden,

Fig. 18.

und damit diese nicht abgleite, wählt man zweckmässig Glascylinder mit etwas umgebogenem Rande. Ein 1,5 bis 2 Lin. dicker, nicht geglühter Kupferdraht wird in die Form gdilf gebogen, bei i so stark zusammengedrückt, dass er an den Wandungen des Glascylinders anliegt, und bei g und f zur Ringform gebogen. Zwischen dem unteren Ringe f und der Thierblase beträgt der Raum nur etwa 3 Linien, zwischen dem oberen Ringe g und der Thierblase dagegen 2,5 bis 3 Zoll, auch thut man wohl, das in der Kupfervitriolsolution befindliche Drahtende le stark mit Siegellack zu überziehen, um die Ablagerung des Kupfers daselbst zu vermeiden. Beim Gebrauche füllt man das untere Glasgefäss mit der erkalteten, concentrirten und durch Leinwand geseihten Kupfervitriollösung und wirft auf den Boden einige reine Krystalle des Salzes, um die Lösung längere Zeit bei gleicher Concentration zu erhalten, legt die metallisch zu überziehende Form auf den Ring f, senkt den mit dem gebogenen Drahte versehenen oberen Cylinder hinab, legt auf den Ring g eine angemessen grosse, dicke und vorher amalgamirte Zinkplatte, füllt den Cylinder bb bis zur Höhe kk mit Wasser und setzt diesem etwas verdünnte Schwefelsäure zu. Nach 24 Stunden hebt man den Cylinder bb nebst seinem Drahte heraus, rührt die Kupfervitriollösung mit einer Glasstange oder einem Holzstäbchen um und legt, wenn die früheren aufgelöst sind, neue Krystalle hinein, erneuert das gesäuerte Wasser und reinigt die Zinkplatte oder ersetzt sie durch eine andere, wenn sie stark zerfressen ist. Die Dicke des abgelagerten Kupfers wächst zunehmend, bis zu 1 Linie und darüber im Verlauf von 8 Tagen[1].

Neben diesem Apparate verdienen noch die in letzter Zeit mehr in Anwendung gebrachten genannt zu werden, bei denen das zur Ablagerung des Metalles bestimmte Gefäss für sich bestehend durch die Elektroden mit einer einfachen oder zusammengesetzten Säule von constanter Wirkung verbunden ist. Zuvor aber verdient folgender, von Walker beschriebener Apparat erwähnt zu werden, weil er sich sehr zu Versuchen im Kleinen eignet. AB ist ein gläsernes Gefäss, in welches an der einen Seite ein hohler Cylinder p von schwach gebranntem Thon oder von Gyps gestellt ist. In diesen, welcher mit ge-

Fig. 19.

1 Beiträge zur Physik und Chemie. 2tes Hft. Frkf. 1842. S. 86.

säuertem Wasser oder mit einer Auflösung von Kochsalz oder Salmiak gefüllt ist, wird ein Cylinder z von Zink hinabgesenkt. Solche Cylinder können massiv oder aus dem üblichen Zinkblech aufgerollt seyn; jedenfalls ist es aber vortheilhaft, sie vor dem Gebrauche zu amalgamiren und bei anhaltendem Gebrauche die Amalgamirung zu erneuern. Das Glasgefäss ist mit der mehrgenannten Kupfervitriollösung gefüllt, und damit diese stets den nämlichen Grad der Concentration beibehalte, ist oben ein Sieb mit Krystallen dieses Salzes angebracht, welche von der Flüssigkeit berührt werden und durch Auflösung den Abgang ersetzen. Mit dem oberen Ende der Zinkstange ist ein Metalldraht vollkommen leitend verbunden, welcher bei w herabgebogen sich in die Flüssigkeit senkt und am untern Ende die zu überziehende Form m trägt. Dass man auch diesen Draht, so weit er in die Flüssigkeit taucht, überfirnissen und im Allgemeinen die bereits angegebenen Vorsichtsmassregeln in Anwendung bringen müsse, versteht sich von selbst. Dahin gehört auch namentlich, dass man die porösen Thon- oder Gypsgefässe nach jedesmaligem Gebrauche mit reinem Wasser hinlänglich reinige, bis die in sie eingedrungenen Säuren und Salze entfernt sind, weil sie durch die letzteren sonst leicht verstopft und unbrauchbar werden. Bei diesem Reinigen muss jedoch, namentlich bei Thongefässen, das gehörige Mass innegehalten werden, weil sie durch tagelanges Liegen im Wasser zu sehr erweichen, weswegen es besser ist, sie 2 bis 3 Stunden im Wasser liegen zu lassen, dieses mehrmals zu erneuern und allenfalls diesen Process, nachdem sie in der Zwischenzeit wieder mässig getrocknet sind, zu wiederholen. Für Vergoldungen und Versilberungen u. s. w., wobei die zu vergoldenden Stücke selbst das negative Element der Säule bilden, kann man die gewöhnliche Einrichtung der so eben beschriebenen Apparate auch umkehren, um die Quantität der kostbaren Flüssigkeit zu vermindern. Hierzu dient ein gläserner Cylinder, mit gesäuertem Wasser oder einer Salzsolution bis zu geeigneter Höhe gefüllt, in welches man den unten offenen Zinkcylinder zz senkt und in diesen das poröse Gefäss tt, in welchem die zum Vergolden dienende Flüssigkeit enthalten ist. Mit dem Zink metallisch verbunden ist der Draht m, über dessen rechtwinklig gebogenes Ende der Draht n herabhängt, welcher den zu vergoldenden Gegenstand trägt.

Fig. 20.

Statt der porösen Gefässe wendet BÖTTGER befeuchtete Thierblase an, und es scheint mir fraglich, ob letztere nicht gleich gute oder noch bessere Dienste leistet, da sie nicht kostbar ist, leicht gereinigt werden kann und lange Zeit brauchbar bleibt. Sein Apparat zum Vergolden u. s. w. besteht aus einem dicken Brete ll mit zwei Vertiefungen d und f, welche mit Quecksilber gefüllt und durch den Kupferdraht g leitend verbunden sind. Auf dieses Bret setzt man den gläsernen Cylinder aa, dessen Boden durchbohrt und mit dem eingekitteten, oben kreisförmig umgebogenen Kupferdrahte b versehen ist, dessen durchgehendes amalgamirtes Ende in das Quecksilber taucht. Auf den Ring b wird ein amalgamirtes Stück Zink gelegt, das Gefäss bis etwa ee mit schwach gesäuertem Wasser gefüllt, dann mittelst der Drähte cc der gläserne Cylinder mm mit überbundener Thierblase ii eingehängt, in welchem sich die zum Vergolden dienende Flüssigkeit befindet. Ein starker Kupferdraht h ist in das Quecksilber f eingesteckt, nach oben umgebogen und am Ende p mit einem feinen Platindraht umwunden, an welchem man den zu vergoldenden Gegenstand befestigt und in die Solution herabsenkt. Unter den vielfach modificirten Apparaten, bei denen die Säule von constanter Wirkung getrennt für sich besteht, möge folgender als Beispiel dienen. Ein hohler Cylinder von Kupfer kk wird mit der Auflösung von Kupfervitriol gefüllt und ein oben angebrachtes Sieb ss dient dazu, Krystalle dieses Salzes aufzunehmen. In diesen wird das poröse Gefäss p mit schwach gesäuertem Wasser gestellt, in welchem der Cylinder von Zink z hängt. Das gläserne oder porzellanene Gefäss AB enthält gleichfalls gesättigte Kupfervitriolsolution, in welche das galvanoplastische Modell eintaucht. Dieses hängt an einem Metalldrahte, welcher mit dem starken Kupferdrahte m leitend verbunden ist, dessen anderes Ende mit der Zinkstange vereinigt wird, während der mit Kupfer verbundene Draht n in geringer Entfernung von dem Modelle gleichfalls in die Solution taucht. Besser ist es, an diesem zweiten Drahte ein Kupferblech herabhängen zu lassen, weil dann nach dem Wesen der Elektrolyse von diesem Kupfer ebenso viel aufgelöst wird, als sich auf dem Modelle niederschlägt. Dass man diesen Apparat leicht zum Gebrauche des Vergoldens, Versilberns u. s. w. modificiren könne, liegt nahe bei der Sache, wie auch dass statt der angegebenen einfachen

Fig. 21.

Fig. 22.

Volta'schen Säule jede andere von constanter Wirkung gleiche Dienste leiste; die constante Wirkung aber ist deswegen erforderlich, weil man eines nur schwachen, aber anhaltenden, Stromes bedarf. Anstatt die Formen vertical herabhängen zu lassen, kann man sie auch auf eine Unterlage von Glas, Holz oder Porzellan horizontal legen und in geringem Abstande über ihnen eine isolirte Kupferplatte anbringen, welche mit der vom Kupfer ausgehenden Elektrode leitend verbunden ist, während eine solche Verbindung zwischen dem Modelle und dem vom Zink ausgehenden Kupferdrahte stattfindet.

Im Allgemeinen lassen sich noch folgende, die Apparate betreffende Bemerkungen hinzufügen. Statt der metallenen, gläsernen und porzellanenen Gefässe lassen sich auch hölzerne Kasten anwenden, die, um das Eindringen der Flüssigkeiten zu hindern, inwendig verpicht seyn müssen, und statt der Thierblasen und des porösen Thons kann auch weiches, am besten Linden-Holz dienen, welches vorher eine Stunde in mit Schwefelsäure gesäuertem Wasser ausgekocht ist. Solcher Kasten mit einer porösen Scheidewand bediente sich anfangs Jacobi. Um die Flüssigkeit zu erneuern, versieht man jede Abtheilung unten mit einer Oeffnung, worin eine am unteren Ende durch Federharz biegsame Röhre befestigt ist, die gewöhnlich aufrecht steht, beim Herabbiegen aber die Flüssigkeit ablaufen lässt. Ist es nöthig, die Stärke des elektrischen Stromes anhaltend regulirt zu erhalten, so schaltet man in die Elektrode einen Multiplicator ein, um die Stromstärke durch die Abweichung der Magnetnadel zu messen. Bei zu grosser Stärke des Stromes wird der Kupfervitriol rascher zersetzt, als sich anderer auflöst, und das niedergeschlagene Kupfer wird braunroth und uncohärent, auf welchem sich dann kein compacter Niederschlag weiter absetzt. Zugleich ist die Temperatur von Bedeutung, indem bei hoher der Niederschlag rasch erfolgt, bei sehr niedriger ganz aufhört. Im Allgemeinen bedarf man zur Galvanoplastik nur schwacher Ströme, verlangt man aber für grosse Gegenstände stärkere, so kann man mehrere einfache Ketten durch Verbindung sämmtlicher Zinkstangen und Kupferpole unter einander zu wirksameren Säulen vereinigen. Das aufgelöste Kupfer, welches sich oberhalb der Formen befindlich auflöst, wird leicht brüchig, und es fallen Theilchen von demselben auf die Form herab, namentlich wenn diese ho-

rizontal liegt. Um dieses zu verhüten, wird feine Leinwand zwischen beiden ausgespannt, welche die herabfallenden Partikeln aufnimmt. Statt der porösen Thoncylinder bedient sich SPENCER auch der gläsernen oder glasirten, die dann aber unten offen und mit einer 0,75 Zoll dicken Gypsscheibe verschlossen seyn müssen. Endlich versteht sich von selbst, dass man in den von den Säulen abgesonderten Behältern gleichzeitig an dem nämlichen Drahte mehrere Modelle aufhängen und die einzelnen ohne Nachtheil für die übrigen herausnehmen und wieder einhängen kann.

Zunächst nach beschriebenen Apparaten kommen die zu galvanoplastischen Bildungen erforderlichen Formen und Modelle zur Untersuchung. In dieser Beziehung verdienen vorzugsweise die Kupferplatten genannt zu werden, die man galvanoplastisch nachbilden und zur Vervielfältigung der Abdrücke verwenden kann. Ich habe mehrere auf diese Weise copirte Platten und deren Abdrücke gesehen, unter allen aber hatte diejenige entschieden den Vorzug, welche BÖTTGER[1] 12 Zoll hoch und 9 Z. breit auf einer von FELSING gestochenen Kupferplatte dargestellt hat. Die gestochene Originalkupferplatte wurde mit Olivenöl sorgfältig eingerieben und wieder abgeputzt und diente dann in dem beschriebenen Apparate in 1 Z. Entfernung von der Thierblase zur Aufnahme des niedergeschlagenen Kupfers. Alle 24 Stunden wurde die Zinkplatte gereinigt oder durch eine neue ersetzt und gleichzeitig die Säure (aus 10 Th. Wasser und 1 Th. englischer Schwefelsäure) erneuert, die Kupfervitriollösung aber alle zwei Tage herausgenommen, mit so viel gepulvertem Kupfervitriol verstärkt, als sich in der Siedhitze auflöste, durch Leinen filtrirt und wieder aufgegossen. Nach zehn Tagen ward die Platte herausgenommen, getrocknet, und nach dem Abfeilen des Randes kam die Verbindungslinie der alten und der neuen zum Vorschein; mit Hülfe einer feinen Messerklinge liess sich an einer einzigen Stelle eine Trennung bewirken, die dann mittelst eines vorsichtig eingeschobenen Hornspatels ohne Beschädigung der einen oder der andern völlig bewerkstelligt wurde. Die auf diese Weise gewonnene, eine gute halbe Linie dicke Platte war nur die Patrize der eigentlich zum Gebrauch dienenden,

1 Poggendorff Ann. Bd. LIV. S. 300.

sie wurde daher mit Aetzkalilösung gereinigt, mit Olivenöl gehörig eingerieben, dieses durch ganz weiches Fliesspapier unter Mitanwendung einer Bürste vollständig entfernt, und dann diente sie durch abermalige Anwendung der nämlichen Methode zur Erzeugung einer neuen Platte, die in 14 Tagen die Dicke einer Linie erreichte. Die für Physiker höchst interessanten Abdrücke derselben gleichen denen des Originals vollkommen; ja nach meinem Urtheil sind sie etwas weicher und daher dem Auge angenehmer. Auch versichert mich ein Kupferdrucker, welcher kleine Platten dieser Art hergestellt hat, diese seyen für den Abdruck dauerhafter, als Originalplatten.

Statt des hier angegebenen Oels zum Einreiben der Originalplatte wählte Spencer durch Terpentinöl erweichtes Wachs, und der Herzog Max von Leuchtenberg Talgsäure, was jedoch schwerlich vorzuziehen ist. Nach Jacobi's Angabe kann man die Platte auch mit einer feinen Lage Silber überziehen, die dann die Trennung der neuen Platte leicht bewerkstelligen lässt. Zu diesem Zweck taucht man die Platte zehn Minuten lang in eine Auflösung von Chlorsilber in Kochsalzwasser, wodurch der dünne, die Gravirung nicht ausfüllende Ueberzug entsteht [1]. Spencer brachte in Vorschlag, statt auf die angegebene Weise eine Patrize zu erhalten und von dieser wieder die zum Abdruck geeignete Matrize, Platten mit erhabener Zeichnung nach Art der Lettern herzustellen und zum Abdrucken zu benutzen. Zu diesem Zweck überzieht man eine Kupferplatte mit Wachs, gravirt in dieses, lässt auf die hierdurch entblössten Theile mit 3 Th. Wasser verdünnte Salpetersäure eine kurze Zeit einwirken, damit das gefällte Kupfer daran haftet, bringt sie in den galvanoplastischen Apparat, ebnet das niedergeschlagene Kupfer der Gleichförmigkeit wegen durch Schleifen mit Bimsstein und entfernt dann den Wachsüberzug durch Terpentinspiritus. Man kann auch in eine Bleiplatte graviren und über dieser auf gewöhnliche Weise eine Kupferplatte galvanoplastisch darstellen, welche dann die Zeichnung verkehrt und erhaben enthält, mithin zum Abdruck nach Art der Lettern unmittelbar dient.

Medaillen, Münzen, Gemmen und Cameen würden leiden,

---

1 Polyt. Journ. Bd. LXXVII. S. 68. Journ. für pract. Chem. Bd. XXIII. S. 143.

wenn man sie unmittelbar galvanoplastisch behandeln und dann auf die angegebene Weise trennen wollte, nicht zu gedenken, dass hierdurch nur verkehrte Nachbildungen entständen; man muss sie daher vorher abformen und die so erhaltenen Abdrücke galvanoplastisch behandeln. Solche Modelle müssen elektrisch leitend seyn, und man verfiel daher auf die Anwendung der Metalle, deren Schmelzung aber einen für die meisten Gegenstände zu hohen Hitzegrad erfordert. Am geeignetsten ist daher nach BÖTTGER's Vorschlage[1] die vielfach von ihm versuchte leichtflüssige Metallmischung aus 8 Th. Wismuth, 8 Th. Blei und 3 Th. Zinn, die bei 86^0 R. schmilzt. Man erhält diese zwar etwas strengflüssigere, aber ein feineres Korn darbietende Mischung in einem Schmelzlöffel über einer Weingeistlampe einige Zeit in Fluss, giesst sie dann in eine für die Grösse des Gegenstandes geeignete Kapsel aus Pappe bis zur Dicke von etwa 3 Linien, jenachdem die Erhabenheiten und Vertiefungen dieses fordern, rührt sie mit einem heissen Eisendrahte so lange durch einander, bis sie auf ihrer Oberfläche blasen- und oxydfrei bei langsamem Erkalten auf allen Puncten eine gleichförmig dicke breiartige Masse bildet, erwärmt die abzuformende Münze oder Medaille u. s. w. so stark, als das Halten zwischen den Fingern erlaubt, legt sie dann auf die Metallmischung und drückt sie mittelst eines unten mit Kork versehenen Stempels so lange fest auf, bis die Metalllegirung hinlänglich erkaltet ist, damit die Trennung ohne Anhaften kleiner Theilchen leicht und gut erfolgt.

Noch einfacher ist nach BÖTTGER die Anwendung des Bleis. Man nimmt hierzu gewöhnliches Tabacksblei, reinigt es mit Aetzkalilösung von Fett und Schmutz, bedeckt damit die zu copirende Münze oder Medaille, belegt beide Seiten mit durch und durch angefeuchteter dicker Pappe und presst das Ganze stark mit einer Presse. Das auf diese Weise erhaltene Modell giebt im galvanoplastischen Apparate die schönsten Figuren, von denen sich das Blei leicht trennen lässt, auf Stanniol dagegen konnte BÖTTGER nie einen Kupferniederschlag erhalten. Da die Modelle von Blei sehr dünn sind, so kann man sie mit Wachs auf eine dickere Platte kleben, damit sie mehr Consistenz erhalten. SPENCER vermochte auch Kupferplatten in Blei

1 Neuere Beiträge zur Physik u. Chemie. Frkf. 1841. S. 87.

abzudrücken, und leicht ist dieses mit Holzschnitten zu bewerkstelligen; in beiden Fällen muss man aber das weichere gewalzte Blei anwenden. Weil endlich das Kupfer auf allen leitenden Stellen des Modells niederfällt, so thut man wohl, diejenigen, wo dieses nicht stattfinden soll, mit Wachs oder Schellackfirniss zu überziehen und nur dafür zu sorgen, dass zwischen dem Ringe oder der Platte, auf welcher die Form liegt, und der Oberfläche der letzteren eine elektrische Leitung stattfinde.

Das Modelliren in leichtflüssigem Metall oder in weichem Blei ist auf jeden Fall mühsamer, als in leichter schmelzbaren oder nach der Erweichung erstarrenden Massen, die wegen ihrer Feinheit die zartesten Eindrücke leicht annehmen, wobei zugleich die abzumodellirenden Gegenstände weniger leicht einer Beschädigung ausgesetzt sind. Man hat daher verschiedene solche Substanzen angewandt, vorzüglich folgende.

1) Wachs, und zwar weisses, welches man schmelzt und einige Zeit mit etwas abnehmender Hitze flüssig erhält. Alsdann wird die abzuformende Münze erwärmt, um ein zu schnelles Erstarren des Wachses zu verhüten, und mit einem niedrigen Rande von Papier oder Carton umgeben, dann mit einer dünnen Schicht Oel überzogen und das Wachs darauf ausgegossen, welches innerhalb des Randes die Form der Medaille und auf der berührenden Fläche die Eindrücke der Erhabenheiten und Vertiefungen annimmt. Nach dem Erkalten während 5 bis 6 Stunden erfolgt die Trennung um so leichter, je niedriger die Temperatur war, was aus der ungleichen Ausdehnung der beiden sich berührenden Körper folgt. Statt des reinen Wachses kann noch besser eine Mischung aus 16 Th. Wallrath, 2,5 Th. Wachs und 3,5 Th. Hammeltalg dienen.

2) Talgsäure oder Stearin wurde sehr bald zu Formen verwandt, doch überzeugte sich Walker später, dass eine Mischung aus Wachs, Stearinsäure und Graphit die feinen Eindrücke leichter annehme und sich daher besser eigne, da sie ausserdem durch den Zusatz von Graphit elektrisch leitend wird und den galvanischen Niederschlag von selbst annimmt. Hiermit lassen sich auch feine Gypsmodelle abformen, wenn man sie auf einen Teller mit siedendem Wasser, die abzufor-

mende Seite nach oben, so legt, dass sie über das Wasser etwas hervorragen. Ist der Gyps nach einigen Minuten ganz vom Wasser durchdrungen oder hat man die Oberfläche mit etwas Olivenöl überzogen, so wird die Formmasse auf die angegebene Weise darüber gegossen. In der Regel lässt sich die Form leicht vom Gypse trennen, es ereignet sich aber auch, insbesondere wenn der Gyps der Figuren schlecht ist, dass Bruchstücke desselben auf der Form haften bleiben. In diesem Falle könnte man leicht ausser der Figur auch das Modell verlieren, und WALKER räth daher, etwas Schwefelsäure auf die Bruchstücke zu bringen, 10 bis 12 Stunden der Einwirkung der Luft auszusetzen und die Reste des Gypses dann mit kaltem Wasser und einem Pinsel fortzuschaffen. Diese Masse ist für Formen entschieden die beste.

3) Hausenblase. Zwei Loth Hausenblase werden in einem Mörser zerstossen, in eine Flasche geschüttet und mit einer halben Pinte (1,25 ℔) Branntwein versetzt. Die Flasche verschliesst man mit einem Kork, welcher an einer Seite einen Einschnitt hat, stellt sie ans Feuer und erhält die Masse 3 bis 4 Stunden unter wiederholtem Umschütteln im Sieden. Ist die Hausenblase gehörig aufgelöst, so seiht man sie durch ein leinenes Läppchen, füllt sie in eine reine Flasche und verschliesst diese mit einem Stöpsel. Bei der Anwendung macht man die Masse durch Wärme wieder flüssig, putzt die abzuformende Medaille rein, legt sie horizontal, schüttet die Hausenblase bis zu gehöriger Dicke darüber und lässt sie trocknen, was im Sommer bei trocknem Wetter in einigen Tagen erfolgt. Durch Einbringen der Spitze eines Federmessers lässt sich die Trennung leicht bewerkstelligen; man erhält eine sehr feine Form, allein das Verfahren ist mühsam.

4) Gyps nimmt bekanntlich die feinsten Eindrücke an, und er eignet sich daher gleichfalls, um Formen daraus zu verfertigen. Die Modellirer in Gyps wissen wohl, dass das Gypspulver leicht Feuchtigkeit aus der Luft anzieht, wodurch kleine erhärtete Körnchen entstehn, die der Feinheit der Formen schaden, und man muss daher nicht mehrere Wochen altes, sondern frisch bereitetes oder in verkorkten Flaschen sorgfältig aufbewahrtes Gypspulver anwenden. Man thut dann wohl, das Gypspulver in einer kleinen Pfanne unter Umrühren zu er-

wärmen, wobei es unter Gasentwickelung aufschwillt und zur Anwendung geeigneter wird. Indem man die gehörige Menge Wasser zusetzt und umrührt, bildet sich der Brei, den man über den mit Carton umgebenen Gegenstand, nachdem man die Oberfläche zuvor mit Oel eingerieben hat, giesst und mit einem Pinsel aus Schweinsborsten in die Vertiefungen einreibt, wobei zugleich vorhandene Luftblasen entfernt werden. Alsdann setzt man so viel Gyps hinzu, als zur gehörigen Dicke des Modells erforderlich ist, trennt dasselbe nach dem Erhärten und erhitzt es schwach, um den Rest der Feuchtigkeit zu entfernen. Soll das Modell härter werden, als auf diese Weise geschieht, so kann man auf die erste, nach der angegebenen Methode erhaltene Gypslage trocknes Gypspulver streuen, wodurch eine genügende Härte erzeugt wird. Sonst kann man auch die erhaltenen Modelle mit Wachs oder Stearin tränken, doch weiss ich nicht, ob dieses vortheilhaft ist.

Ausser den metallischen und mit Graphit gemengten Formen sind die übrigen elektrisch nicht leitend, können daher keinen Niederschlag annehmen und müssen für diesen Zweck erst vorbereitet werden. Hierzu hat Murray einen Ueberzug von Graphit in Vorschlag gebracht und Jacobi praktisch angewandt. Man verwandelt den käuflichen Graphit in ein feines trocknes Pulver, haucht mässig stark auf das Modell, taucht mit einem weichen Pinsel in das Pulver und überfährt damit rasch die Oberfläche, was man so lange wiederholt, bis ein glänzender Ueberzug erzeugt ist. Erscheint die Oberfläche an einigen Stellen beim Anhauchen weiss, so muss man die Operation wiederholen, bis eine blanke Oberfläche, ähnlich der des Graphits, erzeugt ist. Vom Rande der Form entfernt man den Graphit mit einem Messer; an einer Stelle aber muss ein Draht angelegt werden, welcher mit dem Ringe oder der Platte, worauf die Form ruht, auf jeden Fall mit der vom Zink ausgehenden Elektrode verbunden ist, zu welchem Ende man die Berührungsstelle mittelst des Pinsels mit Graphitpulver bestreicht, ohne dass sich das letztere irgendwo haufenweise ablagert. Uebrigens ist es unnöthig, hierbei ängstlich zu seyn, denn wenn auch eine Stelle nicht hinlänglich leitend gemacht ist, so kann man die Form wieder aus der Lösung nehmen und nach dem Trocknen die fehlerhafte Stelle überziehen; besser ist es indess, die Form gleich anfangs gehörig vorzurichten.

Spencer[1] wandte statt des Graphits einen dünnen Ueberzug von Silber an. Zu diesem Zweck wirft man ein Stück Phosphor in ein Fläschchen mit Alkohol oder Terpentinspiritus, taucht dieses einige Minuten in heisses Wasser und schüttelt, bis der Phosphor aufgelöst ist, worauf die Mischung in einem gut verstopften Glase aufbewahrt wird. Dann giesst man salpetersaure Silbersolution in ein flaches Gefäss und taucht die Oberfläche der Form in dieselbe, bis eine genügende Menge eingedrungen ist; auch kann man mit einem weichen Pinsel den etwa nicht genässten Stellen nachhelfen. Hierauf hängt man die Form unter einer Glocke auf, unter welche man auf heissen Sand ein Uhrglas mit einigen Tropfen der Phosphorsolution setzt, bis die Farbe der Oberfläche von Braun in Grau und fast Schwarz übergegangen ist. Ein Ueberzug von Chlorgold lässt sich der Kostbarkeit wegen weniger empfehlen, Böttger aber erhitzt einige Gran Phosphor mit Weingeist und etwas Kali und leitet das sich entwickelnde Gas in den Raum, worin sich das mit der Silbersolution präparirte Modell befindet; ein Verfahren, welches leichter und von sichererem Erfolge seyn soll[2]. Nach Meillet bereitet man eine Solution aus 10 Th. Wasser, 10 Th. Salpetersäure und 8 Th. krystallisirtem salpetersaurem Silber, der man für fettige Modelle noch etwas Gummi zusetzen muss. Hiermit überstreicht man das Modell, lässt es gut eintrocknen und bringt es dann über ein Gefäss, worin sich Wasserstoffgas aus gewöhnlichem Zink und Schwefelsäure entwickelt, damit das hierbei freiwerdende Schwefelwasserstoffgas Schwefelsilber bildet, wodurch die Oberfläche ein graues Ansehn erhält. Statt des Wasserstoffgases kann man (ohne Zweifel noch einfacher) die Oberfläche mit verdünnter Schwefelkalilösung überstreichen. Selbst Glas kann man mit einer sehr concentrirten Lösung von salpetersaurem Silber, durch etwas Gummi verdickt, überstreichen und über einer Weingeistflamme trocknen, wodurch das Silber reducirt und zur Aufnahme des galvanoplastischen Kupfers geeignet wird. Will man die erhaltenen Münzen bronziren, so kann dieses am leichtesten durch eingeriebenen Graphit geschehn. So kann man auch ausgespannten Tüll mit Wachs tränken, von dem Ueberfluss zwischen Löschpapier be-

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LI. S. 376.

2 Ann. der Pharm. Bd. XXXIX. S. 180.

freien, durch Graphit leitend machen und dann galvanoplastisch mit Kupfer überziehen [1]. Nach JACOBI's Angabe erhielt eine aus Stearin verfertigte Figur durch Graphit eine leitende Oberfläche, auf welcher sich dann eine dünne Kupferschicht niederschlug. Das Stearin wurde dann herausgeschmolzen, der Rest mit Terpentinspiritus ausgewaschen, die hohle Figur mit Kupfervitriollösung gefüllt, in diese eine Thierblase mit gesäuertem Wasser und einem Stück Zink gehangen, und letzteres durch einen Draht mit der hohlen Figur verbunden, in welcher sich dann ein so dicker, das erste Original genau darstellender, Ueberzug bildete, dass man die Hülle durch Zerreissen davon ablösen konnte [2].

Man hat sich mehrseitig bemüht, die Daguerrebilder galvanoplastisch darzustellen, und hat hierin wirklich das vorgesetzte Ziel erreicht, indess sind die Methoden weit schwieriger, die Erfolge minder sicher und die Erzeugnisse nicht so vollendet, als bei der gewöhnlichen Galvanoplastik, die daher allezeit den Vorzug behalten wird. Der Erste, dem es gelang, Daguerrebilder galvanoplastisch zu copiren, war GROVE [3]. Halten wir uns hierbei bloss an das praktische Verfahren, so ist dieses folgendes. Die das Daguerrebild enthaltende Platte wird auf der Rückseite und am Rande mit Gummilackfirniss überzogen, und ebenso eine gleich grosse Platinplatte, welche auf der andern Seite mit Platinpulver überzogen ist. Beide Platten behalten am Rande nur eine einzige freie metallische Stelle, die man mit den Elektroden verbindet. Man spannt dann beide Platten mit ihren freien Seiten einander parallel in einem Abstande von 0,2 Zoll gegenüber in einen Rahmen und taucht sie senkrecht in ein Gefäss, welches eine Mischung von 2 Theilen Salzsäure und 1 Theil Wasser dem Volumen nach enthält. Zur Erzeugung des elektrischen Stromes dient ein Element einer Grove'schen Säule, worin das Platinblech eine gleiche Grösse, als die Daguerreplatte haben soll; die vom Platin ausgehende Platin-Elektrode wird mit der freien Stelle der Daguerreplatte, der vom Zink aus-

1 Proceedings of the Electrical Soc. T. II. p. 117.

2 Herzog MAX VON LEUCHTENBERG im Journ. für pract. Chem. Bd. XXIII. S. 146.

3 Proceedings of the Electrical Society. T. I. p. 94 von 1841. Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. XIX. p. 247. T. XX. p. 24. Journ. für pract. Chem. Bd. XXV. p. 291.

gehende Draht gleichfalls Platindraht, mit der freien Stelle der Platinplatte in Berührung gebracht und genau 25 bis 30 Secunden darin erhalten; eine schwächere Säule würde längere Zeit erfordern, vielleicht aber bessere Resultate geben. Man nimmt den Rahmen aus dem Gefässe heraus, könnte ihn aber wieder einsenken und den elektrischen Strom noch einige Secunden wirken lassen, wenn das Präparat nicht vollendet wäre. Die herausgenommene Platte wird mit Wasser gewaschen, in einen Kasten mit sehr verdünntem Ammoniak, die braune Zeichnung nach oben, gelegt und mit Hülfe von etwas Baumwolle sanft abgerieben, bis aller Niederschlag gelöst ist, dann herausgenommen, gewaschen und getrocknet. Solche Platten eignen sich sehr zu galvanoplastischen Bildungen, die in gehöriger Dicke über ihnen erzeugt zum Drucken benutzt werden können; weniger lassen sie sich zu Abdrücken unmittelbar verwenden, denn wenn die Aetzung mit Salzsäure so gering ist, dass die feinsten Züge nicht verwischt werden, so dringt die Druckerschwärze nicht in die Vertiefungen, hat aber die Salzsäure stärker geätzt, so werden die feinsten Züge zerstört. Daguerrebilder lassen sich auch unmittelbar als Formen zu galvanoplastischen Erzeugnissen verwenden, allein man erhält dann nur einen einzigen schwachen Abdruck und zerstört das bessere Original.

Dr. Berres hat drei etwas von einander abweichende Methoden angegeben, die Daguerrebilder zu ätzen, die jedoch nicht auf silberplattirten, sondern auf feinen massiven Silberplatten erzeugt seyn müssen. Nach der ersten Methode wird die auf der Rückseite mit Asphalt überzogene Platte in eine Mischung von 7,5 Th. Salpetersäure (40^0 Beaumé) und 8 Theilen Wasser gelegt und nach erfolgtem Angriffe, welcher sich durch eine leichte milchige Trübung kund giebt, anhaltend geschaukelt, um das sich ansammelnde salpetersaure Silber zu entfernen und die amalgamirten Stellen mehr zu schützen. Sobald das Metallbild stark hervortritt und die Halbtöne sichtbar werden, wird die Platte herausgenommen, mit Wasser, dann mit flüssigem Ammoniak gewaschen und durch Schwingen in der Luft schnell getrocknet. Nach der zweiten Methode wird die Platte in die angegebene Säure, d. h. von 17—18 Grad, so lange gelegt, bis die dunkeln (also im Bilde blanken, spiegelnden) Stellen einen zarten Angriff zeigen, dann mit Wasser und, wenn viel Höllenstein gebildet ist, wohl auch mit flüssigem

Ammoniak gewaschen und nach wiederholtem Reinigen mit Wasser in eine 12- bis 13gradige Säure gelegt. Diese lässt man 12 bis 18 Stunden, je nach verlangter tieferer Aetzung, einwirken, bis die Flüssigkeit bläulich und das Bild schwarz erscheint; die Platte wird mit Wasser gewaschen, mit Terpentinspiritus und Alkohol gereinigt, und kann sowohl zum Abdrucken einiger hundert Exemplare, als auch zu galvanoplastischen Bildungen benutzt werden. Nach der dritten Methode wird die Platte der Einwirkung einer Säure von 9 Grad so lange ausgesetzt, bis sie tief genug geätzt ist, auch wohl gegen das Ende des Processes einige Secunden einer Säure von 20 bis 24 Grad, dann gereinigt und getrocknet. Das ganze Verfahren beruht also darauf, dass die Salpetersäure die freien Stellen der Platte früher und stärker angreift, als die mit Quecksilber bedeckten [1].

An die Galvanoplastik schliesst sich die **Galvanographie**, eine Erfindung, welche v. Kobell im J. 1840 zu einem hohen Grade der Vollendung brachte [2] und die ihm daher als Urheber zugehört, obgleich Smee [3] ein ähnliches Verfahren gleichfalls angewandt hatte. Die Aufgabe ist, Zeichnungen galvanoplastisch zu copiren, und das hierzu erforderliche Verfahren wird auf folgende Weise beschrieben. Die Zeichnung wird mit geeigneten Farben [4], deren Bindemittel aus einer Auflösung von Wachs und etwas Dammerharz in Terpentinspiritus besteht, auf eine silberplattirte polirte Kupferplatte so aufgetragen, dass die lichtesten Stellen ganz frei bleiben, die anderen nach dem Verhältniss der grösseren Dunkelheit eine dickere Lage erhalten. Die Farbe darf nur so viel Bindemittel haben, dass sie zwar anhaftet, aber nach dem Trocknen bloss matt erscheint. Für sehr tiefe Schatten werden die Stellen nachträglich mit Oelfarbe übertragen und mit Graphitpulver bepudert, welches nach dem Abklopfen einen sammetartigen Ueberzug zurücklässt. Die so vorgerichtete Platte wird auf eine etwas grössere, am Rande durch Wachs isolirte Kupferplatte gelegt, von welcher ein

1 Ann. d. Pharmacie. Bd. XXXVI. S. 337. Ueber ein neuerdings von Fizeau empfohlenes Verfahren s. **Daguerrebilder**.

2 Die Galvanographie. Münch. 1843.

3 Lond. and Edinb. Phil. Journ. T. XVI. p. 530.

4 Die galvanographischen Farben sind bei dem Farbenfabrikanten Kern in München käuflich zu haben.

Streifen ausgeht, um die metallische Leitung zum Zink abzugeben. Letzteres befindet sich in einem Tambourin, über dessen untere Oeffnung Pergament ausgespannt ist und welches auf Füssen von 1 bis 1,5 Z. ruhet und über die Platte mit der Zeichnung gestellt wird. Zur Elektrode dient eine auf das Zink gelegte Bleiplatte mit einem 5 Z. langen und 1 Z. breiten Streifen, dessen anderes Ende man mit einer Klemmschraube an den Kupferstreifen der unteren Platte presst. Die Platten liegen in einem ausgepichten hölzernen Kasten, besser in einer gläsernen oder porzellanenen Schale, welche mit einer Mischung von einem gleichen Volumen von Kupfervitriol in Wasser gelöst und von Kupfervitriol in Glaubersalzlösung gefüllt ist. In diese wird die Trommel so eingesenkt, dass das Pergament etwas unter das Niveau der Flüssigkeit eintaucht; die Zinkplatte wird in die Trommel auf Glasstäbe gelegt oder sonst in einiger Entfernung vom Pergament gehalten, die Trommel bis über die Zinkplatte mit gesäuertem Wasser gefüllt, und dann erzeugt sich in 3 bis 4 Tagen über kleineren, in 6 bis 8 Tagen über grösseren Platten eine hinlänglich dicke galvanoplastische Platte von hinlänglicher Dicke. Die bereits angegebenen Vorsichtsmassregeln, Erneuerung der Kupfervitriollösung, der Zinkscheibe und der Säure, Reinigung der Trommel und des Pergaments, gehörige Regulirung des elektrischen Stromes u. s. w. sind auch hierbei zu beachten. Die Trennung der neuen Platte wird auf die angegebene Weise bewerkstelligt, dann entfernt man die etwa anhaftenden Farbetheilchen durch Aether und Baumwolle, putzt sie mit weichem Leder und Knochenasche, und sie ist zum Abdrucken fertig. Indess kann man auf dieser nach Vornahme der etwa erforderlichen Correctionen abermals eine Kupferplatte galvanoplastisch darstellen, und auf dieser nach abermaliger Corrigirung eine dritte, die dann zum Abdrucken am geeignetsten ist. Geschehen diese Verbesserungen durch Auftragen von Farben, so ist dabei nichts weiter zu berücksichtigen, die mit Anwendung des Schabers oder Grabstichels vorgenommenen würden aber ein Zusammenwachsen der neuen mit der alten Platte herbeiführen, und Kobell giebt daher der ganzen alten Platte einen feinen Ueberzug von Silber. Zu diesem Ende wird eine etwas verdünnte Auflösung von Höllenstein unter fleissigem Umrühren in eine gesättigte Kochsalzlösung bis zur Bildung eines nicht weiter auflöslichen Niederschlags von Chlorsilber

eingetröpfelt; den Niederschlag lässt man sich absetzen und gebraucht die klare Flüssigkeit. Die Platte wird hierauf mit Leder und an der Luft zerfallenem Kalk geputzt und dann in die Flüssigkeit gelegt, nach 5 bis 15 Minuten vollkommen versilbert herausgenommen, getrocknet, mit Leder abgerieben und dann zur Bildung der galvanoplastischen Platte in den Apparat gelegt. Um aus dem Niederschlage des Chlorsilbers das reguliniscbe Metall wieder zu erhalten, sammelt man ihn auf einem Filtrum, schüttet ihn in ein Glas mit Wasser, legt einige Stücke Zink hinzu, nimmt diese nach etwa 24 Stunden wieder heraus, giesst die Flüssigkeit ab, überschüttet den metallischen Rückstand mit verdünnter Salzsäure, um etwaige Reste von Zink wegzuschaffen, und kann dann das Silber in Salpetersäure wieder auflösen.

An die Galvanographie schliesst sich auf gleiche Weise die durch Osann erfundene **Galvanokaustik** oder die Kunst, Metallplatten auf galvanischem Wege zu ätzen [1]. Schon früher versuchte derselbe, fein vertheiltes metallisches Kupfer über Münzen und Medaillen stark zu pressen, und erhielt auf diese Weise genaue Copien [2], allein da sich hierzu nur harte Gegenstände eignen und die Galvanoplastik bereits ein so weites Feld eröffnet hatte, so fand das Verfahren keine Nachahmer. Wichtiger dürfte die neue Erfindung der Galvanokaustik seyn; wenigstens müssen die gelieferten Probedrücke für befriedigend gelten. Das dabei anzuwendende Verfahren ist folgendes. Wie oben bemerkt, löst der vom Kupferpole einer einfachen Volta'schen Säule übergehende Strom eine in Kupfervitriollösung aufgehängte Platte auf, führt dieses Kupfer zu einer andern, mit ihr parallelen leitenden, mit der Zinkelektrode verbundenen Platte über und stellt es daselbst metallisch wieder her. Ist daher die erste Platte an einigen Stellen mit einem Ueberzuge bedeckt, auf welchen die Kupfervitriollösung nicht wirkt, so werden nicht diese, wohl aber die übrigen Stellen aufgelöst, und hierdurch muss nothwendig eine Figur erzeugt werden. Zum Elektrometer gebraucht Osann eine einfache Säule aus einem kupfernen Kasten mit eingehängter Zinkscheibe und eingegos-

1 Die Anwendung des hydroelektrischen Stromes als Aetzmittel von Dr. G. W. Osann u. s. w. Würzb. 1842. 8.

2 Poggendorff Ann. Bd. LII. S. 406. Bd. LIV. S. 303.

senem, 5 Procent Schwefelsäure enthaltendem Wasser. Um das Wesentlichste kurz mitzutheilen, möge nur bemerkt werden, dass nach angestellten Versuchen alle einfache Ketten sich für dieses Verfahren eignen, und man wird daher diejenigen wählen können, die zunächst zur Hand sind. Die zu ätzenden Metallplatten können gleichzeitig auf einer oder auf zwei Seiten geätzt werden, im letzteren Falle aber müssen ihnen zwei gleich grosse Platten in geringem Abstande parallel gegenüberstehen. Auf die zu ätzende Platte wird für die nicht aufzulösenden Stellen Schrift oder Zeichnung mit einem Firniss aus zusammengeriebenem Kienruss, venetianischem Terpentin und Terpentinöl aufgetragen. Verlangt man bloss eine Zeichnung, so bringt man diese Platte auf kurze Zeit in den galvanoplastischen Apparat und erhält dann nach dem Abputzen derselben die Zeichnung blank, die andern Stellen matt; soll dagegen die Platte zum Abdrucken benutzt werden, so überzieht man sie mit dem angegebenen Firniss und ätzt sie im galvanoplastischen Apparate tiefer. Um einen dunkeln Grund zu erhalten, kann man die überfirnisste Platte mit einer Theilmaschine liniiren. Für Kupferplatten wird der Kasten, worin sich die zu ätzende und die ihr parallele, die Auflösung wieder aufnehmende Platte befinden, mit aufgelöstem Kupfervitriol gefüllt, für Zinnplatten dagegen, die zu diesem Gebrauche noch geeigneter seyn sollen, dient eine Auflösung von Zinnchlorür in Wasser als geeignetes Aetzmittel.

Die Galvanoplastik ist zwar in der angegebenen Weise zu technischen Zwecken benutzt worden, weit mehr aber in derjenigen Modification, wonach ein gegebenes Metall einen dünnen, aber bleibenden metallischen Ueberzug erhält. Bei dem beschriebenen Verfahren muss über den Formen von nicht metallischen Körpern eine sehr dünne leitende Lage gebildet werden, die ohne Nachtheil in das niedergeschlagene Metall übergeht; metallene Modelle erfordern dagegen eine Vorbereitung, welche die Trennung des niedergeschlagenen Metalls möglich macht; ist dagegen die Metallfläche rein metallisch, dann verbindet sich das niedergeschlagene Metall mit ihr so innig, dass eine Trennung beider unmöglich wird, und eben dieses ist es, was man neben gleichförmiger Verbreitung und hinlänglicher Feinheit von den Ueberzügen edlerer Metalle über minder edle verlangt. Die früher bekannten Verfahrungsarten, solche Ueberzüge zu erhal-

ten, waren mühsam, zum Theil der Gesundheit nachtheilig, und ausserdem hatte der Arbeiter die ganze gleichförmige Verbreitung und beliebige Feinheit des Ueberzugs nicht völlig sicher in seiner Gewalt und die Technik ergriff daher begierig das neue ihr dargebotene Mittel. Die gesammten hierher gehörigen Verfahrungsarten werden nach den Metallen bezeichnet, die den Ueberzug bilden; man bringt die zu überziehenden Stücke in eine geeignete Auflösung des erforderlichen Metalls, verbindet sie leitend mit der Elektrode des positiven Metalls der einfachen Säule, am besten der von constanter Wirkung, und lässt sie selbst das negative Element dieser Säule bilden. Hiernach hat man die galvanische (eigentlicher galvanoplastische) Vergoldung, Versilberung, Verplatinirung, Ueberkupferung u. s. w., die sich meistens nur durch die Bereitungsart der geeigneten Solutionen unterscheiden und daher einzeln beschrieben zu werden verdienen.

1) **Vergoldung.** Es ist oben erwähnt worden, dass Wach im Jahre 1830 gleichzeitig die Säule von constanter Wirkung und die galvanoplastische Ablagerung des Kupfers wahrnahm, ohne dass weder er selbst noch die vielen Physiker, die zunächst nach ihm sich mit galvanischen Untersuchungen beschäftigten, eine dieser beiden Erfindungen weiter förderten, bis die erste durch Daniell und Becquerel, die zweite durch Jacobi die Masse unserer Kenntnisse so bedeutend erweiterten. Noch auffallender muss es aber erscheinen, dass gleich nach der Erfindung der Volta'schen Säule im Jahr 1803 Brugnatelli mittelst des elektrischen Stromes vergoldete, ohne diese Entdeckung weiter zu verfolgen. Den metallischen Niederschlag gewahrte er an Elektroden von Gold, Silber und Platin, ja er ging noch weiter und vergoldete Silbermünzen, indem er sie mittelst eines stählernen Drahtes mit dem negativen Pole der Säule verband und in eine gutgesättigte, für diesen Zweck bereitete Lösung von Ammoniakgold eintauchte[1]. Unmittelbar nach der Bekanntwerdung der Galvanoplastik wurden von mehreren Seiten Versuche des Vergoldens gemacht, bei denen die Verfahrungsarten sich vorzüglich durch die gewählten Goldsolutionen unterschieden, die wegen ihrer Kostbarkeit von grosser

---

1 Annali di Chimica. 1803. Van Mons Journ. de Chimie et de Phys. T. 5.

Wichtigkeit für die praktische Anwendung sind. Zuerst gelang es De la Rive, eine geeignete Solution und ein angemessenes Verfahren zu einer dauerhaften Vergoldung aufzufinden[1], weswegen ihm auch das pariser Institut die Hälfte des für Vergoldung ohne Quecksilber ausgesetzten Preises zuerkannte. Gleichzeitig machte Böttger seine Methode des Vergoldens bekannt, wobei er sich seines oben (Fig. 21) beschriebenen Apparates bediente. Die vorgeschlagene Goldsolution enthält 1 Th. trocknes und möglichst säurefreies Chlorgold auf 250 bis 300 Theile Wasser; der zu vergoldende Gegenstand bleibt höchstens eine Minute in der Solution, wird dann herausgenommen, gewaschen und schnell mit Leinwandläppchen unter ziemlich starkem Reiben getrocknet. Diese Operation wird etliche Male wiederholt, jenachdem die Vergoldung stärker seyn soll. Auf diese Weise lässt sich Silber, Messing und Stahl sehr gut und mit einer Politur, wie sie vorher war, vergolden, fein mit Oel polirter Stahl dagegen nimmt das Gold nicht an, und auf Kupfer nimmt sich die Vergoldung nicht gut aus, wenn es nicht vorher platinirt worden ist[2]. Einige Verbesserungen der bekannt gewordenen Methoden brachte Elsner[3] in Vorschlag, namentlich dass man die Goldsolution stark verdünnen und mit kohlensaurem Natron neutralisiren müsse, wenn sie auf Lakmus sauer reagire, und dass durch Salzsäure von ihrem blauen Ueberzuge befreite Stahlfedern, eben wie Kupfer, einen Goldüberzug auch ohne Einwirkung des galvanischen Stromes annehmen. Bei seinen galvanoplastischen Versuchen gelangte Smee gleichfalls dahin, die Metalle mit einer dickeren oder dünneren Lage Gold, Platin und Palladium zu überziehen[4], Walker aber wandte zur Vergoldung eine beliebige elektrische Säule von constanter Wirkung an und verband diese mit einem abgesonderten Gefässe, worin sich eine Lösung des Cyangoldkalium befand. Der darin liegende zu vergoldende Gegenstand war mit der vom Zink ausgehenden Elektrode leitend verbunden, die vom Kupfer ausgehende aber mit

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXIII. p. 398.

2 Neuere Beiträge für Phys. u. Chem. S. 97.

3 Journ. für prakt. Chem. Bd. XXIII. 148.

4 Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. XVI. p. 315. 422. 530.

einer Goldplatte, von der sich daher ebenso viel auflöste, als zur Vergoldung verwandt wurde[1].

Allgemein bekannt, hauptsächlich in England und Frankreich, wurden die Bemühungen von Elkington und Ruolz. Ersterer übte schon früher ein in beiden Ländern patentirtes Verfahren einer rein chemischen Vergoldung, welches darin besteht, dass man Gold in Königswasser löst, das erhaltene Goldchlorit mit einem sehr grossen Ueberschuss einer Lösung von doppelt kohlensaurem Kali vermischt, einige Zeit damit kocht und die zu vergoldenden Gegenstände von Messing, Bronze oder Kupfer in die noch siedende Flüssigkeit taucht. Die Vergoldung sitzt vollkommen fest, hat aber nicht die Dicke der durch Quecksilber erhaltenen. Nach Bekanntwerdung des galvanischen Verfahrens nahm Elkington auf das von ihm hierfür aufgefundene ein Patent. Er nimmt 31,25 Grm. in Oxyd verwandeltes Gold, setzt 5 Hektogr. Cyankalium und 4 Liter Wasser hinzu und kocht das Ganze eine halbe Stunde. In diese Flüssigkeit, die heiss besser als kalt vergoldet, leitet man die Elektroden einer Säule von constanter Wirkung und setzt den zu vergoldenden Gegenstand mit dem negativen Pole in leitende Verbindung. Dumas prüfte dieses Verfahren und fand, dass man danach zu beliebiger Dicke vergolden könne, doch sey das Cyankalium theuer, als Auflösung schwer aufzubewahren und daher die Vergoldung vielleicht kostbarer als mit Quecksilber. Wenige Tage nachher nahm Ruolz ein Patent auf seine Methode, die sich nicht bloss auf die Vergoldung, sondern auch auf andere metallische Ueberzüge erstreckt. Auch er brachte eine beliebige Volta'sche Säule in Anwendung und verband den zu überziehenden Gegenstand mit dem negativen Pole. Als Lösungen dienten 1) Goldcyanid in einfachem Cyankalium gelöst; 2) Goldcyanid in gelbem Cyaneisenkalium gelöst; 3) Goldcyanid in rothem Cyaneisenkalium; 4) Goldchlorid in denselben Cyaniden; 5) Goldchloridkalium in Cyankalium; 6) Goldchloridkalium in Natron, Schwefelgold in neutralem Schwefelkalium gelöst. Die drei letzten Flüssigkeiten sind die besten, die letzte aber ist die allerbeste; man kann damit Platin, Silber, Kupfer, Packfong, Stahl, Eisen und Zinn (letzteres wenn es mit Kupfer dünn überzogen ist)

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. XIX. p. 328.

bis zu beliebiger Dicke vergolden[1]. Nicht öffentlich bekannt geworden ist das Verfahren des Dr. HIMLY, weil er es für eine ansehnliche Summe nach England verkaufte; auch hat DE LA RIVE seine Methode später verbessert, worüber, eben wie über verschiedene andere Einzelnheiten dieses Verfahrens, BECQUEREL ausführliche Nachricht giebt[2].

Alle zu vergoldende, zu versilbernde u. s. w. Flächen müssen rein seyn, und es ist daher erforderlich, sie mit einer alkalischen Lauge zu reinigen, wenn sie fettig sind, auch thut man wohl, sie vorher mit etwas verdünnter Säure zu überstreichen. Statt des beschriebenen, von BÖTTGER angegebenen Apparates kann man zum Vergolden jedes beliebige gläserne oder porzellane Gefäss wählen, die Goldsolution hineingiessen, den zu vergoldenden Gegenstand hineinlegen oder darin aufhängen, die vom Kupfer ausgehende Elektrode in die Flüssigkeit tauchen und mit der vom Zink ausgehenden den zu vergoldenden Gegenstand durch Berührung in leitende Verbindung bringen. Es ist kaum nöthig, zu bemerken, dass man für den Fall fortdauernder Vergoldung wohl thun würde, die eingesenkte Elektrode mit einem Stück feinen Goldes zu verbinden, in welchem Falle die Solution durch Auflösung so vielen Goldes, als niedergeschlagen wird, unverändert bleiben und es auch zweckdienlich seyn würde, diese Elektrode von Gold zu wählen. Sind die zu vergoldenden Stücke gross, so muss man des gleichmässig dicken Ueberzugs wegen die Berührungsstelle der vom Zink ausgehenden Elektrode wiederholt wechseln, oder nach BÖTTGER's Angabe die zu vergoldenden Stücke nur kurze Zeit dem elektrischen Strome aussetzen, öfter herausnehmen und abwaschen, wobei dann die Berührungsstellen von selbst wechseln. Als praktisches Verfahren empfiehlt Dr. KAISER[3], auf einen Ducaten 2 Loth Königswasser von 1,22 spec. Gewicht zu nehmen und bis zum Sieden zu erhitzen. Ist die Auflösung vollendet, so hält man sie in einem Porzellannäpfchen über eine Weingeistlampe, bis allmälig und mit Vermeidung zu starker Hitze die verdampfte Säure das Ansetzen einer rothbraunen

1 S. den Bericht von DUMAS in Compt. rend. T. XIII. p. 998. Poggendorff Ann. Bd. LV. S. 160.

2 Compt. rend. T. XIV. p. 135.

3 Baiersches Kunst- und Gewerbeblatt. 1842. Mai.

Masse an den Wandungen des Näpfchens erlaubt, worauf man es vom Feuer entfernt und nach dem Erkalten eine dunkelrothgelbe krystallinische Masse erhält. Dieses Chlorgold wird gewogen, und man nimmt auf 1 Gewichttheil desselben 10 Gewichttheile Blutlaugensalz und 100 Gewichttheile Wasser. Die anfangs grünliche und trübe Flüssigkeit wird dann noch einmal in einem Porzellannäpfchen bis zum Sieden erhitzt, und dabei geprüft, ob sie sauer reagirt, also Lakmuspapier röthet, in welchem (seltenen) Falle man gerade so viel aufgelöste gereinigte Pottasche zusetzen müsste, bis die Säure neutralisirt ist. Dann wird die Flüssigkeit filtrirt und zur Anwendung benutzt, wobei es indess selbst vortheilhaft ist, sie mit noch mehr Wasser zu verdünnen. Sehr räthlich ist, die zu vergoldenden Stücke, wozu sich besonders die von Argentan eignen, nur wenige Secunden in der Auflösung eingetaucht dem schwachen elektrischen Strome auszusetzen, dann herauszunehmen, mit feiner Leinwand abzuwischen, und dieses so lange zu wiederholen, bis der Ueberzug die verlangte Dicke erhalten hat. Die Vergoldung ist zwar meistens blank, hat man aber den Gegenstand 1 bis 3 Stunden dem Strome ausgesetzt und dadurch einen dicken Ueberzug erzeugt, so zeigt sie sich glanzlos, dunkelgelb oder rothgelb; in beiden Fällen ist es gut, sie zu poliren, wodurch sie an Glanz und Dauerhaftigkeit gewinnt. Das einfachste Vergoldungsverfahren besteht nach v. Frankenstein darin, dass man zu 1 Gewichttheil flüssiges Chlorgold 6 Gewichttheile blausaures Kali, 4 Theile einfach kohlensaures Kali, 6 Theile Kochsalz und 50 Theile Wasser setzt, diese Lösung in eine Porzellanschale giesst, letztere auf eine Zinkplatte setzt, die von unten mit einer Weingeistlampe erwärmt wird, dann die zu vergoldenden Gegenstände hineinlegt und mit einem Zinkstreifen, welcher mit der Zinkscheibe leitend verbunden ist, berührt. Nach Walker thut man wohl, das Kupfer zuerst mit einer dünnen Lage Silber zu überziehen und dann zu vergolden, weil hierdurch die Vergoldung schöner wird. Nach De la Rive giesst man eine sehr verdünnte Auflösung von Goldchlorid (5 bis 10 Milligr. auf ein Centimeter Wasser) in einen cylindrischen Schlauch von Blase, taucht diesen in ein Glasgefäss, welches sehr schwach gesäuertes Wasser und eine darin stehende Zinkplatte enthält, verbindet den zu vergoldenden Gegenstand durch einen Metalldraht mit dem Zink, und taucht ihn dann erst in

die Goldsolution. Nach einer Minute zieht man ihn heraus, wischt ihn mit feiner Leinwand ab und reibt ihn stark. Schon dann ist er vergoldet, allein wenn man diese Operation zwei- bis dreimal wiederholt hat, so ist die Vergoldung hinlänglich stark. Der Gegenstand muss vorher gesäubert seyn, was am besten geschieht, wenn man ihn mit Zink in gesäuertem Wasser zur Kette verbindet, so dass sich Wasserstoff an ihm entbindet, oder er muss polirt seyn; im ersten Falle wird die Vergoldung glänzend, im zweiten matt[1]. De la Rive bemerkt an einem andern Orte, dass solche Blasen Gold aufnehmen, was durch Einäschern wieder erhalten wird. Soll die Vergoldung einen röthlichen Schein haben, so lässt sich dieser zwar durch Anwendung des Glühwachses der Goldarbeiter erzeugen; einfacher aber ist es, der zu bereitenden Goldsolution eine der verlangten Legirung angemessene Menge reines (am besten galvanoplastisch gebildetes) Kupfer zuzusetzen. Die Bereitung dieser legirten Solution ist die oben angegebene, nur muss man statt des kohlensauren Kali, wenn dessen Zusatz zur Neutralisirung der Solution erforderlich ist, Aetzkali zusetzen. Die legirte Vergoldung ist dauerhafter, als die reine, und besonders kann man mit verdünnter Schwefelsäure gereinigte Stahlwaaren vortheilhaft zuerst mit legirter und dann mit reiner Vergoldung überziehn. Einzelne, aus der Gestalt der zu vergoldenden Stücke hervorgehende, Abänderungen des allgemeinen Verfahrens können hier billig übergangen werden.

2) Verplatinirung. Hierzu eignen sich nach Böttger[2] nur Silber, Messing und Kupfer, auch lässt sich letzteres Metall nach Herstellung des Platinüberzugs sehr gut vergolden. Man wendet hierzu eine Chlorplatinsolution, die mit 250 bis 300 Th. Wasser verdünnt ist, an und verfährt ganz auf die Weise, wie bei der Vergoldung. Noch besser gerieth ihm die Verplatinirung, namentlich des Kupfers, durch Anwendung des Natriumplatinchlorids, wenn die Kupferplatte auf der zu verplatinirenden Seite mit sehr verdünnter Salzsäure und sehr feinem Sande oder mit Kreide sehr rein geputzt, auf der andern mit Wachs überzogen würde, nachdem daselbst vorher mit Zinn ein dünner Metalldraht zur Herstellung der Leitung angelöthet war.

---

1 Compt. rend. T. X. p. 579. Poggendorff Ann. Bd. L. S. 94.
2 A. a. O. S. 99.

Zur Herstellung der Flüssigkeit werden gleiche Theile trocknes Chlorplatin und reines Kochsalz in hinlänglichem Wasser gelöst [1]. RUOLZ [2] bereitet Kaliumplatinchlorid aus rohem Platin, weil die diesem beigemischten Metalle ohne Nachtheil sind, löst dieses in Aetzkalilauge, und dann geräth damit die Verplatinirung ebenso leicht, als die Vergoldung. KAISER [3] beschreibt folgendes praktisches Verfahren. Man löst Platin in Königswasser, tröpfelt diese Flüssigkeit in kleinen Quantitäten in siedend heisse Aetzkalilösung von 8^0 Beaumé, schüttelt, bis die gelbe Trübung verschwindet, und setzt dieses so lange fort, als das Verschwinden der Trübung erfolgt. Diese Platinlösung wird während der Operation warm erhalten und liefert dann durch Einwirkung des elektrischen Stromes nach der beim Vergolden anzuwendenden Methode einen dauerhaften Ueberzug, den man mit dem Polirstahle glätten muss, wenn er chemischen Einflüssen widerstehen soll.

3) Versilberung des Kupfers und Messings geschieht nach BÖTTGER [4] am besten, wenn man eine Auflösung von 3 Drachmen pulverisirtem salpetersaurem Silberoxyd in 2 Unzen Aetzammoniakflüssigkeit auflöst, nur muss man die zu versilbernden Stücke beim ersten Eintauchen in jene Salzlösung nie länger als 1 Secunde darin verweilen lassen, dann abtrocknen, und das Eintauchen so oft wiederholen, bis der Ueberzug dick genug ist, gerade wie beim Vergolden und mit Anwendung des nämlichen Apparats. RUOLZ dagegen wendet dazu Cyansilber, in Cyankalium gelöst, an, und zwar wird 1 Gramm Cyansilber mit 10 Grm. gelbem Cyankalium in 100 Grm. Wasser gelöst. Das Silber lässt sich auf Messing, Bronze, Kupfer, Zinn, Eisen, Stahl und zu Verzierungen auf Platin und Gold auftragen, und haftet so fest, dass eine versilberte Messingplatte der Wirkung des schmelzenden Aetzkali widersteht. Zum praktischen Verfahren wird nach KAISER reines Silber in Salpetersäure unter Erwärmung aufgelöst und dann so lange Salzwasser zugetröpfelt, als noch ein Niederschlag entsteht. Dieser (das Chlorsilber oder Hornsilber) wird mit Wasser übergossen, von der über-

---

1 S. ebend. S. 101.
2 Poggendorff Ann. Bd. LV. S. 165.
3 A. o. a. O.
4 A. a. O. S. 99.

stehenden Flüssigkeit durch Abgiessen und Filtriren gereinigt, und dient dann zur Bereitung der Silbersolution. Man nimmt von ihr 1 Gewichttheil, setzt dazu 5 Gewichttheile in Wasser gelöstes blausaures Kali, 5 Th. Pottasche, 2 Th. Kochsalzauflösung, 5 Th. Salmiakgeist und 50 Th. Wasser, und kocht das Ganze eine halbe bis drei Viertelstunden. Man kann diese Solution noch beliebig verdünnen, denn obgleich die Versilberung dadurch langsamer erfolgt, so wird sie dafür schöner. Die kalt gewordene klare, etwas hellgelbe, Flüssigkeit wird von dem röthlichen Bodensatze abgegossen und in einem geeigneten Glase aufbewahrt. Die zu versilbernden Gegenstände müssen vorher mit Kreide und Weingeist geputzt, stählerne polirte in verdünnte Säure getaucht werden. Zum galvanischen Apparate kann man einen der beschriebenen wählen, Kaiser empfiehlt aber, wohl mit Rücksicht auf den häufigen Gebrauch des Versilberns, ein porzellanenes Gefäss von geeigneter Tiefe, auf dessen Boden auf Glasstücken mehrere Stücke Zink liegen, die auch durch ein über dem Boden befestigtes Gitter von Zinkstäben ersetzt werden könnten. Die Gegenstände werden so auf dieses Zink gelegt, dass sie dasselbe wenigstens an einer Stelle metallisch berühren, die Solution wird darüber gegossen und eine Weingeistlampe unter das Gefäss gestellt. In 30 Secunden ist schon ein Ueberzug gebildet, welcher nach 2 bis 3 Minuten schon die hinlängliche Dicke hat, die durch längeres Liegen noch zunimmt. Man wäscht die Stücke in Weinsteinwasser und polirt die Stellen, die blank werden sollen, mit Leder und Kreide oder mit dem Polirstahle.

4) Verkupferung bewirkte Ruolz mittelst Cyankupfers in Cyankalium oder Cyannatrium gelöst, doch gelingt der Process schwieriger und erfordert eine stärkere Säule [1].

5) Verbleiung geschieht nach Ruolz mittelst einer Auflösung von Bleioxyd in Aetzkali und lässt sich auf alle Metalle, auch auf Gusseisen, anwenden [2].

6) Verzinnung bewirkte Böttger und später Ruolz mittelst einer Auflösung von Zinnoxyd in Kalilauge namentlich bei Eisen und Zink. Metalle, welche negativer sind als Zinn, z. B. Kupfer, Bronze, Messing, bilden mit jenen eine galvanische

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LV. S. 163.
2 Ebend. a. a. O.

Kette, und man kann dabei eine Auflösung von Zinn in Cremortartari anwenden. Dieser Process wurde schon vorher, ohne dass man wusste, er sey ein galvanischer, zum Verzinnen der messingenen Stecknadeln angewandt, indem man sie mit gekörntem Zinn in einer Weinsteinlösung zusammenbrachte.

7) **Verzinkung.** Man kannte seit längerer Zeit Methoden, Kupfer, Messing und Eisen mit Zink zu überziehen, bei deren einigen galvanische Action mitwirkend ist[1], und die Bereitung des sogenannten galvanisirten Eisens gehört gleichfalls dahin. Neuerdings machte SOREL bekannt, dass es ihm gelungen sey, Eisen mittelst der Volta'schen Säule mit einer beliebig dicken Lage Zink zu überziehen[2], indess ist das Verfahren nicht näher angegeben, ebenso wenig als dieses in dem Berichte über die Leistungen RUOLZ's geschehen ist. POGGENDORFF meint, es werde dazu eine Auflösung von Zinkoxyd in Kalilauge oder eine mit Kalilauge im Ueberschuss versetzte Auflösung von schwefelsaurem Zinkoxyd verwandt[3]. Endlich hat RUOLZ auch Ueberzüge von Nickel und Kobalt auf verschiedenen Metallen durch Anwendung der Volta'schen Säule zu Stande gebracht[4].

---

1 BÖTTGER a. a. O. S. 26.

2 Compt. rend. T. XI. p. 987.

3 Dessen Ann. Bd. LV. S. 166.

4 Viele praktische Anweisungen enthält: die Galvanoplastik für Künstler, Gewerbtreibende und Freunde der Numismatik von CHARLES WALKER, nach der 10ten Aufl. mit Anmerk. von Dr. CHR. HEINR. SCHMIDT. Weim. 1843.

1 Opera omn. Frcf. 1682. 4.

2 Mém. sur l'air inflammable, tiré de différentes substances, rédigé par M. MINCKELERS. Louvain 1784. 8.

Zus. Der Erfinder dieser Lämpchen ist Blackadder. Die harte Kohle, die das obere Ende des Röhrchens verstopft, lässt sich leichter trennen, wenn man vorher einen Tropfen Schwefelsäure daran bringt[1].

---

1 Buchner's Repert. Bd. XXVIII. Hft. 2. S. 217.

Zus. **Gegenstrom** heisst derjenige elektrische Strom, welcher durch Polarisirung der Elektroden in der zu zerlegenden Flüssigkeit entsteht und dem Hauptstrome entgegengerichtet ist. S. **Polarisation,** elektrische. Zuweilen bezeichnet man dadurch einen durch Induction entstehenden Strom. S. **Induction.**

Zus. Zur Literatur dient vorzugsweise THOM. BUCHANAN[1] und JOH. MÜLLER[2]. Letzterer hat durch einen sinnreich erdachten Apparat die Schallleitung durch die Gehörknöchelchen und die Luft im innern Ohre nachgebildet und ist auf diese Weise gleichfalls zu dem Resultate gelangt, dass die schwächeren Schallwellen der Luft gegen die stärkeren durch die Gehörknöchelchen verschwinden. Das von mir aus dem Versuche mit einem an einem Faden hängenden Löffel entnommene Argument, welches MÜLLER als unpassend verwirft (weil dabei der Schall durch den Faden, beim gewöhnlichen Hören aber durch die Luft zum Ohre gelangt), ist allerdings nicht ganz adäquat, soll aber nichts weiter beweisen, als die grössere Stärke der Leitung der Schallwellen vom Paukenfelle aus, an

---

1 Physiological Illustrations of the Organ of hearing etc. Lond. 1828.

2 Handbuch der Physiologie des Menschen. 2te Aufl. Bd. II. S. 425. 442 ff.

welchem sie doch nothwendig angekommen seyn müssen, wenn sie überhaupt zum Gehörnerven gelangen sollen. Das zweite Argument, von der früheren Ankunft der durch die Gehörknöchelchen geleiteten Wellen, die jedoch nur bei den höchsten Tönen von einigem Einfluss seyn könnte, ist nicht berücksichtigt. Im Ganzen glaube ich durch diese neuen Untersuchungen die von mir aufgestellte Ansicht bestätigt zu finden, dass im normalen Zustande die durch die Gehörknöchelchen geleiteten Wellen empfunden werden, im abnormen die durch die Luft zum runden Fenster gelangenden. Die Eustachische Röhre soll nach Henle[1] dazu dienen, den Ton zu verstärken, wie durch die Löcher im Resonanzboden der Geigen die in diesen eingeschlossene Luft zum Mittönen gebracht wird. Versuche, welche Müller anstellte, indem er eine mit einem Seitenrohre versehene Pfeife tönen liess, waren dieser Ansicht nicht günstig; auch findet das Mittönen der Luft nicht leicht in verhältnissmässig engen Röhren, stets aber in grösseren Räumen, wie im Bauche der Geigen, statt. Als Hauptbestimmung der Eustachischen Röhre ist daher wohl die Erhaltung des Gleichgewichts der eingeschlossenen und äusseren Luft zu betrachten, auch glaube ich noch immer, dass das Ende dieses Canals im Innern der Mundhöhle gewöhnlich nicht vollständig offen, sondern durch weiche Theile leicht (wie die Lippen) verschlossen ist, dem gemäss dann das Knacken im Ohre beim Bergsteigen und unter der Taucherglocke u. s. w. als Folge der eindringenden oder ausströmenden Luft erscheint, was man leicht durch Oeffnen und Schliessen der Lippen nachmachen kann. Die Verstopfung dieser Röhre muss dann, ohne Rücksicht auf die Leitungsfähigkeit der im Ohre eingeschlossenen Luft, Schwerhörigkeit zur Folge haben, die innere Luft mag an Dichtigkeit zunehmen oder abnehmen, welches letztere ich für wahrscheinlicher halte, denn in beiden Fällen findet ein veränderter Druck gegen das Paukenfell und demnach mittelbar durch die Gehörknöchelchen gegen das ovale Fenster statt, und dadurch muss eine Dumpfheit des gehörten Schalles entstehen, wie man sie durch einen Druck mit dem Finger hinter dem Ohrläppchen künstlich erzeugen kann.

Nach Versuchen im Taubstummen-Institut zu Beugen (Schweiz)

---

1 Encyklop. Wörterb. d. med. Wissensch. Art. Gehör.

hörten drei Individuen gar nicht durch die Zähne, wohl aber, mindestens die Vocale, durch den oberen Theil des Kopfes und die drei oberen Halswirbel; zwei Kinder hörten durch den Ellenbogen. SCHEUCHZER erzählt ähnliche Beispiele des Hörens durch den Kopf[1].

Zus. Zu LAGRANGE's S. 1244 angegebener Hypothese einer Bildung der Planeten aus kosmischer Masse im Weltraume bekennt sich unter Andern neuerdings auch CACCIATORE[2].

Sehr belehrend sind die ausführlichen und gründlichen Untersuchungen, welche B. STUDER[3] über die möglichen und erwiesenen Veränderungen unsers Erdballs bekannt gemacht hat.

Im Winter 1835 auf 1836 fiel in den Alpen so viel Schnee, dass die Lawinen und Erdfälle ganze Dörfer zerstörten, wo-

---

1 L'Institut. 1836. N. 176.
2 Sulla Origine del Sistema solare etc. Palermo. 1826.
3 Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie. Bern, Chur und Leipzig. 1844.

durch bloss im Veltlin und Graubünduerthale von Poschiavo 77 Menschen umkamen. Manche Verschüttete wurden auf eine wunderbare Weise gerettet. Die Verwüstung drohte auch Stazzano bei Tirano zu treffen, allein es geshah plötzlich Einhalt. Eine ungeheure Erd- und Steinmasse glitt langsam herab, ohne zu zerbröckeln, und setzte sich im Thale fest; sie trug einen Kastanienwald von 5000 Quadratmetern auf ihrer Oberfläche, welcher wohlbehalten im Thale ankam. Dennoch wurden dabei 4 Getreide- und 2 Stampfmühlen nebst 6 Häusern zerstört, die Pfarrkirche und 30 andere Häuser mit Schutt und Gerölle bedeckt, und ausser zerstörtem Hausgeräthe, Wein und Lebensmitteln 200 Pertiche fruchtbaren Ackerlandes mit Schutt bedeckt. Man schrieb diese Unglücksfälle dem Abholzen jener Gegenden zu [1].

Die neptunische Hypothese ist neuerdings vertheidigt durch Joh. Nep. Fuchs [2]. Nach seiner Ansicht sollen sich in einem wässerig-flüssigen Urbrei diejenigen Krystalle gebildet haben, aus denen die Urgebirge bestehen. Es ist gewiss von Nutzen, der neuerdings allgemein in Aufnahme gekommenen plutonischen Theorie gediegene Argumente entgegenzusetzen, damit sie nicht allzuleicht über die immer noch nicht beseitigten Schwierigkeiten wegeile.

1 Frankf. Zeit. 1836. N. 112.
2 Ueber die Theorie der Erde. Münch. 1837. 8.

Zus. Ueber die Erfindung der Brillen handelt E. WILDE[1]. Es ist indess daraus nichts hinzuzusetzen, als dass die Brillen in einem Werke[2] des BERNHARD GORDON, welcher 1305 starb, erwähnt werden.

Die Nachtblindheit zeigte sich einst epidemisch bei einem In-

1 Geschichte der Optik. Berl. 1838. Bd. I. S. 96.

2 Lilium medicinae. Lugd. 1491. p. 140.

fanterieregimente in Ostflorida[1]. Die Schneeblindheit trifft man nicht selten am oberen Mississippi als Folge der dortigen ausgedehnten Schneeflächen. Die Einwohner schützen sich dagegen durch ein Bretchen mit einem kleinen eingebrannten Loch[2].

Eine Theilung der Nervenfasern im Chiasma konnten weder VOLKMANN noch TREVIRANUS finden, auch MÜLLER[3] nicht, und man muss daher nach seiner Ansicht bei dem Factum stehen bleiben, dass die Sehnervenwurzel einer Seite sich am Chiasma in zwei Theile theilt, wovon der innere Theil kreuzt, der äussere an derselben Seite fortgeht. Beim Pferde zeigt sich dieses Verhalten am deutlichsten. Vergl. **Sehen.**

---

1 Dr. BURDEN in Amer. Med. Review and Journ. Daraus in GERSON Magaz. d. ausländ. Literatur d. gesammten Heilkunde. 1827. S. 318.
2 The Courrier 1830. Febr. 11.
3 Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. Abth. II. S. 380.

dende Fehler. 1549—1552. Tabelle der spec. Gewichte fester Körper. 1553—1559. spec. Gewicht der Holzarten. VIII. 681. spec. Gewicht der Mischungen und gemengten Körper. IV. 1559. Archimedeisches Problem. 1560. Mengungsverhältniss des Zinnbleis. 1563. der Glockenspeise. 1565. des verdünnten Alkohols. 1566. verdünnter Säuren. 1571. der Salzlösungen. 1572. der Menschen. 1577. S. **Schwimmen.** VIII. 703.

Zus. Statt der in der Tabelle angegebenen Grössen fanden Boussingault und Dumas das spec. Gewicht des Sauerstoffgases = 1,10570 und des Stickgases = 0,97200[1]. Auf welche Weise die in der Luft oder in tropfbaren Flüssigkeiten angestellten Wägungen auf den leeren Raum zu reduciren sind, hat Bessel[2] gezeigt, und zugleich eine Tafel der hierzu erforderlichen Logarithmen berechnet. Neuere Bestimmungen der specifischen Gewichte einfacher und zusammengesetzter Körper sind von Karsten[3] bekannt gemacht. Für feste Körper bediente er sich einer Pistor'schen Waage, für pulverförmige des Stereometers. Da die gefundenen Werthe im Allgemeinen für genau gelten müssen, ausgenommen die mit dem Stereometer erhaltenen, ausserdem manche Bestimmungen in der Tabelle (Bd. IV. S. 1553) ganz fehlen, so nehme ich diese und diejenigen hier auf, welche von den angegebenen in der zweiten Decimalstelle abweichen.

Körper.	sp. Gw.	Körper.	sp. Gw.
Antimonige Säure . .	6,695	Brom-Kali	1,620
Arsenige Säure . . .	3,720	„ -Silber	5,128
Arsenik	5,628	Chlor-Blei	3,900
Arseniksäure	3,734	„ -Kalium	1,031
Blei	11,389	„ -Natrium	1,160
Bleiglanz	7,084	„ -Silber	3,880
Bleioxyd	9,209	Iod-Blei	6,556
„ kohlensaures	6,729	„ -Kalium	2,398
„ Hyperoxyd .	8,933	„ -Silber	6,539
Brom-Blei	5,194	Kadmiumoxyd	6,950

1 Compt. rend. T. XII. p. 1005. Poggendorff Ann. Bd. LIII. S. 398.
2 Schumacher astronom. Nachrichten. Bd. VII. N. 163.
3 Schweigger's Journ. Bd. LXV. S. 394.

Körper.	sp. Gw.	Körper.	sp. Gw.
Kalomel	5,710	Schwefel-Silber . . .	6,809
Kupfer-Chlorür . . .	2,920	„ -Zinn im Min.	4,700
„ -Oxyd	6,430	„ „ „ Max.	3,886
Mennige	8,620	„ -Wismuth . .	5,800
Quecksilber-Bromür .	6,882	Sublimat	4,003
„ -Iodür . .	8,144	Titan	5,280
„ -Iodid . .	6,907	„ -Oxyd	3,931
„ -Oxyd . .	12,191	Wismuthoxyd	8,174
Schwefel-Antimon . .	4,142	Wolfram-Oxyd	12,111
„ -Kupfer im Minim.	5,210	„ -Säure . . .	7,140
		Zink	6,915
„ „ im Max.	5,030	Zinnoxyd	5,734

Gewicht. S. **Mechanik.** VI. 1511.

Gewicht einzelner aus Beobachtungen gefundener Bestimmungen. S. **Wahrscheinlichkeit.** X. 1220.

Gewichttheile. sehr feine zu verfertigen. S. **Waage.** X. 7.

Gewitter. Einfluss auf die Magnetnadel. I. 162. allgemeine Untersuchungen. IV. 1581. Gewitterwolken. 1589. Häufigkeit nach den Jahreszeiten. 1583—1587. Wintergewitter. 1588. Richtung und Zug der Gewitterwolken. 1589. periodische Wiederkehr der Gewitter. 1593. Ausbreitung derselben. 1596. Verbreitung. 1597. theoretische Betrachtungen. 1598. Einfluss auf Luftelektricität. VI. 489.

Zus. Nach einigen Nachrichten von MATTEUCCI wird es wahrscheinlich, dass starke Gewitter, namentlich mit Hagel, durch grosse Feuer und Hohöfen vertrieben werden[1].

Ghaluah. Arabisches Mass. VI. 1241.

Glanz oder erleuchtende Kraft der Körper. III. 1145. Vergl. **Albedo** und **Weisse.** II. 643 ff.

Glas und Verglasungen im Allgemeinen. IV. 1601. Glas ist glühend nicht zusammendrückbar. II. 213. III. 172. 177. dessen elektrisches Leitungsvermögen. VI. 185. S. **Leiter.** lässt sich durch Benetzen mit Terpentinöl bohren. 1014. Farben in demselben durch polarisirtes Licht. VII. 811. Verminderung seiner Sprödigkeit. VIII. 978. Ausdehnung desselben. I. 585. X. 889. S. **Ausdehnung.** Natronglas s. **Natrium.** VII. 11.

Glaselektricität. S. **Elektricität.** III. 241.

Glasfäden. Feinheit derselben und Bereitungsart. II. 511. III. 173. die spröden. 176.

---

1 Compt. rend. T. IX. p. 605. Poggendorff Ann. Bd. XLIX. S. 239.

Zus. Neuerdings sind ausnehmend viele Untersuchungen über die Entstehung und Veränderung der Gletscher bekannt geworden, hauptsächlich veranlasst durch den Streit zwischen AGASSIZ und SCHIMPER, der sich namentlich auch auf die Priorität der Hypothese einer früher über die ganze Erde sich ausdehnenden temporären Eiszeit bezieht, wodurch Gletscher an vielen Orten entstanden seyn sollen, wo sie gegenwärtig nicht existiren können; eine mit physikalischen Gesetzen ganz unvereinbare Ansicht. Die werthvollsten Beiträge zur richtigen Kenntniss der Thatsachen sind von VENETZ, CHARPENTIER und FORBES; es wird aber hier genügen, nur die wichtigsten Abhandlungen anzugeben, die v. HORNER damals nicht kennen konnte[1].

---

1 Mémoire sur la variation de la température dans les Alpes de la Suisse par M. VENETZ. 1833. Notice sur la cause probable du transport des blocs erratiques de la Suisse par M. J. de CHARPENTIER. Par. 1835. Discours prononcé à l'ouverture des séances de la société Helvétique des sciences naturelles à Neufchatel le 24 Jul. 1837 par L. AGASSIZ. 1837. 8. Études sur les glaciers par L. AGASSIZ. Neufch. 1840. 8. Théorie des glaciers de la Savoie. Par M. le Chanoine RENDU. Chambéry 1840. 8. Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du Bassin du Rhone par JEAN DE CHARPENTIER. Laus. 1841. 8. Die auf eigenen anhaltenden Beobachtungen beruhenden Angaben von FORBES findet man in Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. VI. Oct. u. Nov. und in Edinburgh Philos.

Beachtung verdient ausserdem eine Abhandlung über die Gletscher von PETER MERIAN[1]. Es findet sich darin zuerst eine geschichtliche Nachweisung, wenn und von welchen Gelehrten früher über die Gletscher gehandelt wurde. Die ersten Nachrichten von ihnen giebt JOSIAS SIMLER[2] und RUDOLPH REBMANN[3], aus welchem Letztern MATTHÄUS MERIAN[4] seine Beschreibung des unteren Grindelwaldgletschers fast wörtlich entlehnt. In wissenschaftlicher Hinsicht gehaltreicher ist J. HEINR. HOTTINGER'S[5] Beschreibung, welcher J. J. SCHEUCHZER in seiner vierten, 1723 gedruckten, Alpenreise wenig neues hinzugefügt. JOH. GEORG ALTMANN[6] meint, die Gletscher ruhten auf einzelnen Säulen und ihr Fortrücken sey Folge ihres von oben gegebenen Drucks. Hierau schliessen sich dann die bereits erwähnten Werke von GRUNER, HUHN und DE SAUSSURE.

Journ. 1841 ff., hauptsächlich in dessen Travels through the Alps of Savoy and other parts of the Pennine Chain u. s. w. Edinburgh 1843. 8.

1 Bericht über die Verhandl. der naturf. Ges. zu Basel. N. V. 1843. S. 111.

2 Vallesiae et Alpium descriptio. 1574.

3 Naturae magnalia. 1605.

4 Helvetische Topographie. 1642.

5 Ephem. Nat. Curios. 1706.

6 Versuch einer historischen und physischen Beschreibung der helvetischen Eisberge. 1751.

Zus. Genaue, durch Figuren erläuterte, Beschreibungen der neuerdings erfundenen sehr brauchbaren Goniometer giebt BECQUEREL [1].

Zus. Neuerdings will man gefunden haben, dass es Granite von verschiedenem Alter, und namentlich solche giebt, die später gehoben sind [2].

---

1 Traité de Physique etc. T. I. p. 268.

2 Ueber das Ganze s. VON LEONHARD Grundzüge der Geologie und Geognosie. 3te Aufl. Heidelb. 1839. S. 351—354.

Zus. Ueber die Bildung des Grundeises hat MOHR in Coblenz interessante Erfahrungen am Rhein gemacht, die für die Erklärung dieses, immer noch räthselhaften, Phänomens Beachtung verdienen. Wenn die Bildung des Grundeises beginnt, so wird das Wasser so klar, dass man in 8 Fuss Tiefe Gegenstände noch deutlich erkennt, es können also nicht wohl Eisnadeln darin schwimmen. Die im tiefen Flussbette versenkten Ketten der Schiffbrücke, die nach dem Eisgange an der Suchkette wieder aufgezogen werden, überziehen sich dick mit Grundeis, so dass einst ein Anker sammt der Kette dadurch gehoben wurde, die Ketten selbst heben sich häufig in grösserer Menge. Als im Jahre 1830 die Joche der Schiffbrücke wegen niederen Wasserstandes nicht in den Sicherheitshafen gebracht werden konnten und im Flusse liegen bleiben mussten, hatte sich im Frühjahr an ihnen eine 5 rhein. Fuss dicke Eisdecke gebildet, die erst nach eingetretener Wärme losliess. Da die Schiffe 18 Zoll Tiefgang haben, so enstand das Grundeis bis 6,5 Fuss Tiefe unter dem Wasserspiegel [1]. Das letzte Factum lässt sich daraus erklären, dass die mit dem Innern der Kähne in Berührung befindliche sehr kalte Luft den Wandungen der Kähne

1 Poggendorff Ann. Bd. XLIII. S. 527.

die Wärme entzog, so dass sich zunehmend mehr Eis von aussen ansetzte und wegen der anhaltenden strengen Kälte die angegebene Dicke erreichte. Man könnte hiernach aber schliessen, dass überhaupt bei der Bildung des Grundeises die Gegenstände, an denen es entsteht, unter die Temperatur des umgebenden Wassers herabgehen, wonach der Process mit dem des Thauens Aehnlichkeit haben würde.

H.

Zus. Eine ausführliche Abhandlung über Kettenbrücken und Drahtbrücken, hauptsächlich die in Grossbritannien hergestellten, hat ADAM BURG bekannt gemacht[1]. Interessant ist, dass die von DUFOUR im Jahr 1822 und 1823 zu Genf erbaute Drahtbrücke nach 20 Jahren, als der Staat sie übernahm, genau nachgesehen und abermals auf ihre Tragkraft probirt wurde.

1 Jahrb. des Wiener polyt. Instit. Bd. V. S. 288.

Die Drahtseile fanden sich vollkommen unversehrt und von gleicher Tragkraft als im Anfange[1].

Zus. Eine glaubwürdige Nachricht von ungewöhnlich grossen Hagelkörnern, die am 3. Aug. 1828 zu Maestricht fielen, ist durch öffentliche Blätter bekannt geworden[2]. Unter die genaueren Beobachtungen des Hagels gehört die von Elie de Beaumont in der Schweiz im Jahre 1831 und in Tyrol im Jahre 1836. Beide Male fielen die Körner unzerbrochen herab, bestanden aus einem Sphäroide mit einem matten Kern im Innern und einer Umgebung von durchsichtigem Eise in meistens concentrischen Lagen. Einen solchen innern Kern gewahrte auch Polonceau in den 1 bis 2 Zoll Durchmesser haltenden Hagelkörnern, welche im Juli 1826 zu Versailles herabfielen[3]. Eine interessante Beschreibung des grossen Gewitters, welches am 28. Juli 1835 mit bedeutendem Hagelschlag eine grosse Strecke des südlichen Frankreichs verheerte,

1 Bibl. univ. de Geneve. Nouv. Sér. Mai 1844. p. 359.

2 Poggendorff Ann. Bd. XVI. S. 383.

3 L'Instit. 5me Ann. N. 218. p. 240. 242.

hat LECOC mitgetheilt[1]. Dasselbe durchlief, vom Meere herkommend, binnen 4,5 Stunden eine Strecke von etwa 90 franz. Meilen. Die Grösse der Hagelkörner wuchs mit der Zeit, die niedrig gehende Wolke schüttete auf dem grossen Puy de Dome keinen Hagel aus, wohl aber auf dem kleinen 1200 Meter hohen. Im botanischen Garten zu Clermont fand man Hagelkörner von der Grösse eines Hühnereis und darüber, mit auslaufenden Nadeln, welche Spuren von sechsseitigen Prismen mit sechsflächiger Zuspitzung zeigten. Am 2. August bestieg LECOC den Puy de Dome, als eine Wolke herannahte, die abermals Hagel verkündete. In der von ihm erreichten Höhe des Berges war die Wolke, welche wiederholt und an verschiedenen Stellen Hagel von der Grösse einer Haselnuss ausschüttete, unter ihm; beim Herabsteigen vom Berge, und indem er benachbarte niedrigere Berge bestieg, befand er sich in einem Theile der Wolke, aus welcher Hagel auf ihn herabfiel, ohne irgend eine Erscheinung bei allen diesen Beobachtungen aus verschiedenen Standpuncten wahrzunehmen, welche die Theorie VOLTA's bestätigen könnte.

Nach einer Angabe von RÜPPELL hagelt es in Abyssinien oft, aber nie bei Gewittern[2].

Hagelableiter. V. 82. ältere Mittel dagegen. 82—85. Vorschlag, viele Blitzableiter anzuwenden. 85. Beurtheilt durch WREDE und WEISS. 87. LAPOSTOLLE's Strohableiter und deren Beurtheilung. 87—90. Zertheilung der Hagelwolken durch Erschütterung. 91. durch Pulverdampf. 93.

Zus. Ueber LAPOSTOLLE's Hagelableiter handelt PAUPAILLE[3] und nimmt sie in Schutz.

Hagelwolken. IV. 1581.

Hahn, Guericke'scher, für Luftpumpen. VI. 526. verbessert durch LICHTENBERG. 547.

Haken, englischer. IX. 1120.

Halbflüssige Körper. Druck derselben. II. 614.

Halbkreuzung des optischen Nervs. I. 541. VIII. 776.

Halbkugel der Erde. V. 94. grössere Kälte der südlichen. III. 997. IX. 430.

---

1 Compt. rend. 1836. p. 324. Poggendorff Ann. Bd. XXXVIII. S. 606.

2 Compt. rend. 1836. Pt. I. p. 29.

3 Ann. de la Soc. Linnéenne de Paris 1827. Sept. p. 116.

Zus. Ein sehr brauchbarer Heliostat mit einfacher Spiegelung ist erfunden von Gambey und beschrieben von Hachette. Dieser Beschreibung setzt Poggendorff viele wichtige Bemerkungen hinzu [1]. Neuerdings hat J. Th. Silbermann einen von ihm erfundenen, sehr bequemen und nicht kostbaren Heliostaten dem Institute zu Paris vorgelegt. Man erhält denselben durch Soleil (rue de l'Odéon) [2].

1 Dessen Ann. Bd. XVII. S. 71.

2 Compt. rend. T. XVII. p. 1319. Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 574. L'Instit. XIme Ann. N. 521. p. 437. mit Zeichnung in Ann. Chim. et Phys. 3me Sér. T. X. p. 298.

Zus. In einer gehaltreichen Abhandlung zeigt BESSEL, dass barometrische Messungen nur dann völlig sichere Resultate liefern können, wenn beide Stationen in einer verticalen Linie liegen; für entfernte Orte würde dieses aber nur möglich seyn, wenn die horizontalen Luftschichten im Gleichgewicht wären,

was aber dann nicht stattfinden kann, wenn andere als horizontale Bewegungen derselben vorhanden sind. Ausserdem bringen auch die beständigen Unterschiede der gebrauchten Barometer Irrthümer hervor. Die erste dieser Fehlerquellen lässt sich beseitigen, wenn man die Beobachtungen der Barometer, womit das Land, dessen Höhen im Innern gemessen werden sollen, an mehreren Orten umstellt ist, mit einander combinirt; die zweite wird vermieden, wenn man ein tragbares Barometer wiederholt mit den an ihren Stationen feststehenden vergleicht. Dass beide Mittel genügen, wird durch den Calcül dargethan[1]. Ueber das barometrische Höhenmessen im Ganzen handelt Dr. Gust. Suckow in einer eigenen Schrift[2].

Höhenparallaxe. S. **Parallaxe.** VII. 287.

Höhenpuncte. V. 335. Höhentabelle. 339—397.

Zus. Die mitgetheilte Höhentabelle enthält die damals bekannten Bestimmungen ziemlich vollständig. Inzwischen haben sich seitdem die Messungen, namentlich die barometrischen, in einem solchen Grade vermehrt, dass an die Benutzung des gesammten vorhandenen Materials hier nicht wohl gedacht werden kann, und es würde eine nicht bloss schwierige, sondern insbesondere auch lange Zeit erfordernde Aufgabe seyn, das Ganze kritisch zu prüfen und zweckmässig zu ordnen. Um indess mit Benutzung der vorzüglichsten Quellen[3] mindestens einige Angaben zu verbessern und wesentliche Lücken auszufüllen, füge ich folgende Ergänzungen hinzu[4]:

---

1 Astronomische Nachrichten. 1835. N. 279. Poggendorff Ann. Bd. XXXVI. S. 187.

2 Die barometrische Hypsometrie. Darmst. 1843. Man findet hierin ausserdem die Gauss'schen Tafeln für Meter und auch auf Fuss reducirt, desgleichen eine sehr vollständige Höhentabelle.

3 Dahin gehören hauptsächlich: Deutschlands Höhen u. s. w. von Dr. H. Berghaus. 1 Bd. Berl. 1834. 2te Aufl. und die reichhaltige Sammlung in: Höhenmessungen in und um Thüringen u. s. w. von K. E. A. von Hoff. Gotha 1833. 4., desgleichen die Messungen in den Cevennen von d'Hombres in Bibl. univ. 1832. Juin, daraus in Berghaus Ann. Th. VI. S. 462; ferner die zahlreichen Messungen in den Karpathen von Zeuschner, mitgetheilt in den Monatsberichten der geographischen Gesellschaft zu Berlin, Pentland's Messungen americanischer Höhenpuncte in Hertha Bd. XIII. Hft. 1 und andere.

4 Die Bestimmungen sind in pariser Fuss über dem mittleren Mee-

---

resspiegel, und wenn die Orte unter diesem Niveau liegen, wird dieses durch das Minuszeichen (—) angedeutet.

Ort	Höhe
Brestowa (Karp.)	4772
Brigg	2129
Brion, Berg	3072
Brison, Thurm	2410
— Schloss	1865
Bristenstock	9565
Brocken t.	3508
Brottem (Norw.)	2204
Brüssel	178
Brussa, Stadt	326
Brusterud (Norw.)	2620
Brzenkowitz	787
Buchberg (Schlesien)	2066
Buchen	1026
Buchenberg (Harz)	1899
Bugulma (Ural)	756
Buitenzorg (Java)	833
Bula (Karpath.)	2958
Burg Tonna	781
Buthest	8160

C.

Ort	Höhe
Cairo, Nil	28
Calamarca, Dorf	11958
Cannstatt	680
Casa Cancha (Peru)	13496
Caspisches Meer	—76,3
Cauconas, Dorf	2216
Cenaret, Berg	3060
Centbuckel	1174
Cerro de Chuquibamba	19365
Cerro de Pasco (Peru)	13395
Céze, Quelle	1460
Chelm	717
Chorzew	985
Chucuito, Stadt	11467
Chuquisaca, Stadt	8213
Chiteron t.	4311
Coburg, Schloss	1430
— Stadt	1001
Cochabamba, Stadt	7428
Col de Trient	4120
Conda, Quelle	3163
Coubladon	2589
Creutzburg	580
Cursdorf	2473
Cythene	7297
Cytheron	4348
Czerwena Skala	2343
Czuba Smreczynska	5448

D.

Ort	Höhe
Daglie (Norw.)	2728
Delphi (Euböa)	5372
Demavend	13790
Diablerets	9974
Dienstädt (a .d. Ilm)	1040
Dietrichskopf (Harz)	1858
Dittelsatt	706
Dixa, Stadt. (Abyss.)	6772
Dobschau (Karp.)	1324
Döbern, Gross-	415
Döllstädt, Dorf	1310
Dörnfeld (a. d. Ilm)	1201
— (a. d. Haide)	1382
Dolinka-Smreczynska	6366
Dolmar, Berg	2289
Dolotberg	4453
Dornberg, Schlosshof	1120
Dorowadi (Java)	7957
Dourbie, Quelle	4227
Dresden, Elbe	313
Dubowa (Karp.)	1567

E.

Ort	Höhe
Eckardskopf, grosser	2573
Eckartsberge, Ruine	897
Egerquelle	2215
Ehrenstein, Ruine	1350
Eichfeld	889

Heidelberg (Thüringen)	1326
Heinberg (Harz)	1390
Heldratstein	1395
Helikon t.	5384
Hengelbach, Dorf	1330
Henzlowa, Ort	1984
Herrengrund (Karp.)	2071
Herzog August (Harz)	1698
— Wilhelm (Harz)	1731
Hildburghausen	1191
Hirschberg (Rhein)	721
— (Schlesien)	1044
Hochstein (Schlesien)	3190
Hölle (bei Baireuth)	2080
Hörselberg	1535
Hof (Saale)	1443
— (Warte)	1758
Hohenberg, Schloss	1600
Hohentann	1773
Hoheritzhorn	10180
Hohetracht (Harz)	1924
Hohne (Harz)	2790
Hohnstein	1253
Holica (Tatrageb.)	3268
Holzemme	343
Horny Djel, Berg (Karp.)	3338
Huanaca Tia, Dorf	11278
Huayllay (Peru)	13289
Huayna Potosi	12748
Hühnereck	8866
Hütterode (Harz)	1500
Hultschin	724
Hurocie (Tatrageb.)	5332
Hymettus	3161

I.

Jablonnoi	3440
Jacobsplatz (Norw.)	2920
Jägerndorf	97
Janikowa	2352
Jakuzk	268
Javahir	24156
Jedlin, Weichselsp.	703
Jekatharinenburg	912
Jelenska Skata	3418
Jena, Observ.	501
Jenzig	1216
Jerbinsk	456
Jericho	—527
Jerusalem	2473
Iglo (Karp.)	1417
Illimani, Berg	21303
— See	14040
Ilm, Stadt	1113
— Dorf	1675
Ilmenau	1523
Ilsenstein	1400
Ilsethal	1600
Inselsberg t.	2855
Intetchau, Stadt (Abyssin.)	6118
Jonskunden (Norw.)	2962
Joyeuse	557
Iwan, Berg	2981

K.

Kaardalen (Norw.)	3723
Kakelthal (Norw.)	3313
— Pass.	3702
Kalm, grosser	1725
— kleiner	1466
Kaltennordheim	1360
Kapsdorf	1669
Karlshaus (Harz)	1977
Kasan	270
Kastenberg (Karpathen)	7200
Katscher, Schloss	700
Kawa-Patahu (Java)	6685
Kedronthal	2139
Kefernburg	1138
Keilhau	1098

Ort	Höhe
Martigni	1481
Mastricht	161
Matthorn	9850
Mayre	1736
Meiningen	910
Mengshardtdorf	1890
Merapi (Java)	8640
Merbabu (Java)	9590
Merseburg, Schloss	298
Meude	2287
Mialet	437
Mislowitz	792
Mittelberg (Harz)	1483
Mogilani (Karp.)	1144
Molkenhaus, Wernigeroder	2140
Montals (Gipfel d. Esparou)	4370
Monte maggiore (Istrien)	12341
Montgries	7366
Montgrinsel	6604
Montréal	871
Mont Sanin du Liban	7773
Mont Servin	13860
Moscow	456
Mostenitz	1346
Mount-Washington	5845
Moutière	431
Muckenreuth	1670
Mühlberg, Ruine	1125
München	1597
Münchsberg	1728
Mugglerberg	2185

N.

Ort	Höhe
Nachtberg	1875
Nadabula (Karp.)	844
Nadzielone (Tatrageb.)	6726
Näsimkigebira (Ural)	1020
Naklo, Dorf	948
Nauendorf	1038
Naumburg	416
Nazareth	820
Neälf bei Tuset	650
— — Tydal	914
Neouvel od. Grand Pic	9714
Neppen (Norw.)	2750
Neu-Albenreuth	1660
Neudeck	870
Neuhaus, Schloss	1765
Neusohl	964
Neustadt (Harz)	828
— (Schlesien)	803
— (Thüringen)	2379
Nevado de Sorata	23646
Nicolai (Schlesien)	924
Nonnenstromberg	959
Nordhausen	678
Nosal (Tatrageb.)	3575
Novgorod	60
Nystuen, Wirthsh.	3247

O.

Ort	Höhe
Oberdollendorfer Hardt	760
Oberhof, Dorf	2523
Ochsenkopf	3134
Oelberg gr. (Rhein)	1430
— kl. —	1115
— (Jerusalem)	2555
Oerenstock, Dorf	1776
Ohrdruf	1197
Okerhütte (Harz)	696
Olonos (Griechenl.)	6846
Olymp (Bithynien)	6917
Onochoi	1605
Oppeln	439
Optun (Norw.)	1349
Ortowa, Berg	5531
Oruro, Stadt (Amer.)	10952
Osterode	708
Ostra Skala Kubinska (Tatrageb.)	2445

S.

Ort	Höhe
Saalfeld	772
Saalquelle	2163
Sachsa (Harz)	942
Sachsenstein	2922
Saddle-Mountain (Amer.)	3750
Saint Julien	880
Salindres, Quelle	3400
Salle, La	809
Samaria	926
Sandberg (Thüring.)	2237
Saugerhausen	492
Sasso, Gran-	9000
Scherhorn	10192
Schiddaw (England)	3312
Schiwelutsch, gr. (Kamtsch.)	9898
— kl. —	8249
Schleusingen, Stadt	1265
Schmalkalden	940
Schmölnitz	1645
Schneeberg (Thüring.)	1342
Schneekopf	3043
Schneekoppe	4930
Schönburg, Ruine	467
Schürgast	424
Schulpforte	400
Schwarzburg, Schloss	1070
Schwarze, Quelle	2650
Schwarzwald, Dorf	1455
Schwedler, Dorf (Karp.)	1417
Schweinskopf (b. Rudolst.)	963
— (Thüring.)	1525
Seeberg, Sternw.	1128
Selb	1633
Seleginsk	1635
Sichem	1751
Sickenreuth	1432
Siegmundsberg, Dorf	2392
Silberberg	1031
— (Harz)	1280
Sillein	1043
Sindoro (Java)	9682
Singerberg	1702
Siwah, Oase	96
Slamat (Java)	10630
Sömmerda	493
Sohrau	812
Sondershausen	540
Sonneberg, Stadt (Thür.)	1333
Sophienhof	1566
Sophienreuth	1741
Sorata	22182
Sorge (Harz)	1496
Spaleniek (Tatrageb.)	4112
Sperberhöhe	1487
Spielberg	1821
Srednia Kopa (Tatrageb.)	4112
St. Andre (Karp.)	1273
Steina (Harz)	1002
Steinach, Stadt (Thüring.)	1565
Steinau (Schlesien)	596
Steinringsberg (Rhein)	706
Steinwald, höchst. Punct	3022
Stenzelberg (Rhein)	901
Stollhorn	6767
Stracena, Dorf	2351
Stubenberg (Harz)	855
Suchy (Tatrageb.)	5715
Suczany	1169
Suez, Salzlachen	20
Suhl, Stadt	1397
Suroloyo (Java)	4830
Swiety Krzyz	1966
Szczyt (Tatrageb.)	6371
Szumiacz, Dorf	2615

T.

Ort	Höhe
Tabor	1747
Table-Mountain (Amer.)	3208
Tacora, Dorf	12756

U.

V.

W.

Wendelstein, Schloss . .	455
Wendistock	9536
Wertheim	402
Wiesau	1624
Wilhelmsthal (Thür.) .	1029
— Jagdschloss	968
Willinger, Berg	1559
Windknollen (Jena) . .	1145
Winterberg (Harz) . . .	2682
Witzleben	1183
Wohlau, Weichselsp. . .	705
Wolfsthalskopf (Harz) .	1680
Wormberg (Harz) . . .	3028
Wotowiec	3384
Wunsiedel	1604
Wurzelberg	2592
Wyhnatowa, Berg (Karp.)	3896

Y.

Yeteskuob (Amer.) . . .	5527

Z.

Zabawa, Wirthsh. (Karp.)	1160
Zadnia-Hola (Tatrageb.)	5715
— Kopa	4294
Zell, Probstei	509
Zella, Stadt	1598
Ziegelrode	998
Ziegenhals	857
Zion	2555
Ziria (Griechenl.) . . .	7253
Zlatoust (Ural)	1120
Zülz (Schlesien)	784
Zweilütschinen	2044

Nach v. Humboldt haben die Hochebenen in den verschiedenen Ländern folgende Höhen:

Persien (Iran)	3900
Moscow	402
Lombardei	480
Schwaben	900
Auvergne	1044
Schweiz	1320
Baiern	1560
Spanien	2100

Höhle. V. 398. durch Auswaschungen und Hebungen entstanden. 399. Beschreibung der bekanntesten Höhlen. 400—411. Tropfstein der Höhlen. 412. vulcanische Höhlen. 413. Eishöhlen. 414. Aeolushöhlen. 418—420. Schwefelhöhle. 421. Höhlen mit mephitischen Gasen. 422. ausgegrabene Höhlen. 422—424. durch ursprüngliche Hebungen entstandene. IV. 1264.

Zus. Die vielen, neuerdings bekannt gewordenen Höhlen zu beschreiben würde zu viel Raum erfordern. So ist z. B. im J. 1833 eine grosse, aus vielen Abtheilungen bestehende, mehrere Stockwerke über einander und die herrlichsten Tropfsteingebilde enthaltende, mit einigen Wasserfällen eines wasserreichen Baches im Innern, zwischen Caher und Mitchelstown in Irland in einem Kalksteinberge aufgefunden worden [1]. Eine grosse und schöne Höhlenreihe zu Kanareh auf der Insel Salsette un-

1 Manchester Guardian. 1833. Aug. 10.

weit Bombay fand MORIER [1]. In Hohenzollern-Sigmaringen sind deren vier im Jurakalk, alle mit Tropfstein, die Königsheimer, die Karlshöhle, die Mühlheimer, alle etwa zwei Stunden von einander. Eine grosse Höhle bei Hasel im Badischen hat C. A. LEMBKE [2] beschrieben und durch 12 Kupfertafeln erläutert.

Zus. SYKES erzählt, dass er oft in den Nebeln in Indien sein Bild sehr deutlich gesehn habe, und zwar von einem glänzenden Regenbogen umgeben, dessen Durchmesser 50 bis 60 engl. Fuss betrug und den ein Nebenregenbogen umgab. Seine Begleiter machten viele Bewegungen, um sich zu überzeugen, dass die gesehenen Bilder wirklich ihre eigenen seyen [3].

Eine ausführliche Abhandlung, worin zahlreiche Höfe und Nebensonnen beobachtet und berechnet worden sind, hat G. GALLE bekannt gemacht [4].

---

1 Dessen zweite Reise durch Persien u. s. w. Weim. 1820. S. 24.
2 Die Erdmannshöhle bei Hasel u. s. w. Basel 1803. gr. fol.
3 Philos. Trans. 1835. Pt. I. p. 194.
4 Poggendorff Ann. Bd. XLIX. S. 1. 241.

dung auf lineare Bewegung. 557. auf Bewegung in einer Ebene. 567. Geschichte und Literatur. 570. allgemeine Behandlung derselben. S. **Mechanik.** VI. 1523. **Rad.** VII. 1165. **Röhre.** VII. 1411.

Zus. Um die Zusammenziehung der Wasserader zu bestimmen, hat BUFF mehrere Reihen Versuche angestellt, welche übereinstimmend zu dem Resultate führen, dass der Ausflusscoefficient mit der Höhe abnimmt, wie schon HACHETTE[1] fand, indem er denselben = 0,69 für h = 16 Millim. und = 0,60 für h = 15 Centim. erhielt. Um aus mehreren Versuchsreihen nur das Resultat einer einzigen hervorzuheben, bemerke ich, dass derselbe für die Druckhöhen zwischen 38 Zoll und 1 Zoll von 0,6440 bis 0,6918 zunahm, eine für die Praxis wichtige Erfahrung[2]. Einige zum Theil hierher gehörige Untersuchungen von FELIX SAVART[3] beziehen sich zunächst auf die Gestalt, welche die aus kreisrunden Oeffnungen in dünnen Blechen herabfliessenden Wasserstrahlen annehmen, die in Folge der Adhäsion zwischen den Flüssigkeitstheilchen und wohl auch aus sonstigen Ursachen sich stellenweise ausdehnen und zuletzt in Tropfen verwandeln. Was für die praktische Anwendung am wichtigsten ist, nämlich die Bestimmung des Coefficienten für die Zusammenziehung der Wasserader, ist wohl durch die zahlreichen, hierauf verwandten Bemühungen mit genügender Schärfe ausgemittelt worden, wie dieses aus den späteren Untersuchungen von BAYER[4], WEISSBACH[5] und O. v. FEILITZSCH[6] hervorgeht. Letzterer hat mit Rücksicht auf die früheren Arbeiten das ganze Problem einer abermaligen theoretischen Untersuchung unterworfen, wodurch er dahin gelangt, dass die Ausflussmenge M in einer Secunde mittlerer Sonnenzeit

$$M = 0{,}8\pi a^2 \sqrt{2gh}$$

seyn müsste, wenn a den Halbmesser der Oeffnung, g den Fallraum in 1 Secunde und h die Höhe bis zum Wasserspiegel be-

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. I. p. 202. T. III. p. 78.

2 Poggendorff Ann. Bd. XLVI. S. 227.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXX. p. 337. Poggendorff Ann. Bd. XXXIII. S. 451. 520.

4 Compt. rend. T. XVIII. p. 85.

5 Versuche über die unvollkommene Contraction des Wassers beim Ausfluss desselben aus Röhren und Gefässen. Leipz. 1843. 4.

6 Poggendorff Ann. Bd. LXIII. S. 1.

zeichnet. Diese Bestimmung wird indess noch durch anderweitige Bedingungen modificirt, deren ausführliche Erörterung hier zu viel Raum erfordern würde.

661. trockne Säule nach PFAFF. VIII. 134. 159. Nachtrag s. **Meteorologie.** VI. 1973. sonstige hygrometrische Körper. 1973. Reduction des Haarhygrometers. 1975. Mängel des Daniell'schen. 1977. Vorschläge von ADIE, VERNON HARCOURT und CONNEL. 1978. Untersuchungen über den Thaupunct. 1980. Reductionsformeln. 1983.

Zus. Eine sehr vollständige Monographie der Hygrometer enthält die von BUNSEN veröffentlichte Preisschrift [1]. SMEATON'S Hygrometer ist identisch mit dem früher von ONUFRIUS CONVERSINIUS angegebenen [2]. BENOIT beschreibt ein künstliches Hygrometer aus Strohpapier [3]. Vorzugsweise eignen sich die Samenkörner der Pelargonien und Geranien zu Hygrometern, indem ihre Grannen sich durch Trockenheit mehr kräuseln. SCHÖN empfiehlt daher das Pelargonium triste als sehr brauchbar [4]. Ein Hygrometer, wie das von DANIELL, brachte schon früher SOLDNER in Vorschlag [5]. Wie FRANKLIN empfahl GOUGH Mahagoniholz zu Hygrometern [6]. Die von DE LA RIVE empfohlene Benutzung der Schwefelsäure zur Hygrometrie [7] wurde schon früher durch VAN MONS in Vorschlag gebracht [8]. HUTTON schlug vor, eine Thermometerkugel mit Wasser von der Temperatur der Atmosphäre zu befeuchten, und hielt dann den Punct, bis zu welchem das Thermometer erkaltete, für den Thaupunct [9]. Die Verdunstungshygrometer von SAVARY [10], von G. A. MAJOCCHI [11] und von POGGENDORFF [12] erwähne ich bloss, weil sie nach dem Urtheile des Letzteren das Psychrometer nicht verdrängen werden.

Hypsalograph (von ὕψος die Höhe, ἅλς das Meer und γράφειν schreiben) heisst ein Instrument, welches die Höhe des Meeres bei der Ebbe und Fluth aufschreibt.

---

1 Enumeratio ac descriptio hygrometrorum, quae inde a Saussurii temporibus proposita sunt. Auct. A. G. BUNSEN. Gott. 1830. 4.
2 Atti dell' Accad. Pistojese. T. I. p. 240.
3 Recueil industr. Dingler's polyt. Journ. Th. XXXV. S. 252.
4 Kastner's Archiv. T. I. p. 315.
5 Gilbert's Ann. Bd. XXXII. S. 219.
6 Tilloch's Phil. Mag. T. XXXIII. p. 177.
7 Ann. de Chim. et Phys. T. XXX. p. 89.
8 Brugnatelli Giorn. di fisica u. s. w. T. II. p. 79.
9 Trans. of the Roy. Soc. of Edinb. T. V. p. 67.
10 Compt. rend. T. XIII. p. 450.
11 Annali di fisica, chim. e matematiche. T. I. p. 30.
12 Dessen Ann. Bd. LIV. S. 150.

I.

Zus. Ueber die Induction ist im Werke nur in so weit gehandelt, als bei der Magnetoelektricität bloss Inductionselektricität wirksam ist und hierzu daher inducirte Drähte oder Inductionsrollen unentbehrlich sind; man kannte indess die Inductionselektricität schon früher, wie namentlich RIES [1] auseinandergesetzt hat; neuerdings hat man aber die Sache in Folge der durch FARADAY gegebenen Anregung genauer untersucht und die folgende Uebersicht soll hiervon die Hauptmomente angeben.

Die Induction besteht, wie im Werke richtig angegeben ist, darin, dass in einem leitenden Körper durch einen in seiner Nähe befindlichen, gleichfalls leitenden, Körper in Folge der den letzteren durchströmenden Elektricität gleichfalls ein elektrischer Strom erzeugt wird. Ausserdem wird die Inductionselektricität in leitenden Körpern erzeugt, durch deren Windungen der Magnetismus, entweder frei von einem bleibenden

1 Repertorium der Physik Bd. VI. S. 206.

Magnete ausgehend, oder weiches Eisen durchströmend, sich verbreitet. Sofern dieser Satz allgemein aufgestellt wird und aufgestellt werden muss, weil die elektrischen Ströme jeder Art zwar der Stärke, nicht aber dem Wesen nach verschieden sind, so folgt, dass alle elektrische Ströme, seyen es hydroelektrische oder thermoelektrische oder reibungselektrische, nothwendig inducirte Ströme erzeugen müssen. Hiernach kommen sie indess bloss der dynamischen Elektricität zu; berücksichtigen wir aber das Wesen der Induction, so ergiebt sich, dass auch die Erzeugung der Elektricität im Wirkungskreise, worüber das Nöthige mitgetheilt ist, als eine Induction durch statische Elektricität betrachtet werden kann. Wir reden indess hier bloss von der Erzeugung eines inducirten Stromes oder des Nebenstromes durch dynamische Elektricität.

Die Entstehung inducirter elektrischer Ströme oder der Nebenströme durch Reibungselektricität muss von jedem Physiker beobachtet worden seyn, der sich viel mit elektrischen Versuchen beschäftigte, allein man hielt dieses für einen Ueberfluss positiver Elektricität, und daher fiel es niemanden ein, die Erscheinung weiter zu verfolgen und ihrem Wesen nach wissenschaftlich festzustellen oder nur nach ihren verschiedenen Modificationen zu beschreiben. Setzt sich ein Mensch in Verbindung mit dem Reibzeuge einer starken Elektrisirmaschine, während er mittelst einer grösseren Kugel Funken aus dem ersten Conductor zieht, so empfindet er jedesmal an der Stelle, wo ihn eine andere Person berührt, ein Prickeln, und die letztere Person erhält zuweilen kleine Funken. Zuerst scheint Priestley die Thatsache beachtet zu haben, denn Cavallo [1] berichtet folgenden Versuch. Wenn man mit der negativen Belegung einer geladenen Flasche eine Kette verbindet, oder wenn sich die isolirte Kette nur ohne Berührung in der Nähe dieser Belegung befindet, so wird diese beim Entladen der Flasche leuchten und ein Funke von ihrem Ende zur Belegung überspringen. Er nennt dieses den seitwärts gehenden Schlag, und beschreibt eine ähnliche Vorrichtung, deren sich Priestley für diesen Zweck bedient habe. Man hat wohl nicht

1 Vollständ. Abhandl. d. Lehre von d. El. 4te Aufl. Bd. I. S. 234. 21ster Vers.

genügend beachtet, dass die Induction schon von Biot[1] nicht nur genau beschrieben, sondern auch so weit, als damals (im J. 1816) möglich war, richtig erklärt ist, abgesehen davon, dass hieraus zugleich die Identität der Induction und der elektrischen Vertheilung für statische Elektricität sichtbar hervorgeht. Man lasse, sagt er, den Schlag einer Batterie durch einen isolirten Conductor gehen, stelle diesem gegenüber einen zweiten isolirten Conductor mit einem Elektrometer, so wird im Augenblicke der Entladung ein Funke vom ersten Conductor zum zweiten übergehen und das Elektrometer abgestossen werden, augenblicklich aber wieder zurückfallen. Verbindet man mit dem zweiten Conductor eine elektrische Pistole, von welcher eine Ableitung zum Boden geht, so erhält man eine Explosion. Wiederholt bemerkt Biot, dass die einzige Gefahr bei Blitzableitern von diesem Seitenschlage (*choc lateral*) herrühre, doch sey derselbe im Verhältniss zum Hauptschlage ausnehmend schwach. In seiner Erklärung ist wohl unzweifelhaft richtig, dass der elektrische Strom, der vollständigen Leitung ungeachtet, durch Einfluss auf die natürliche Elektricität der genäherten Körper wirke und darin eine, jedoch nur momentane, Trennung derselben erzeuge, da das Gleichgewicht sich augenblicklich wieder herstellt; nicht wohl haltbar aber ist die Annahme, diese Wirkung könne nur schwach seyn, denn sie rühre einzig her von dem Ueberschuss der Elektricität, die auf einer der Belegungen frei bleibe, ungeachtet sie sich über den Conductor ausbreite. Offenbar steht hiermit der Umstand im Widerspruch, dass das Elektrometer auf dem zweiten Conductor augenblicklich wieder zurückfällt, denn welcher Art auch der zwischen beiden Conductoren wahrgenommene Funke seyn mag, so muss nothwendig der zweite isolirte Conductor die einmal erzeugte Abstossung des Elektrometers beibehalten, bis die abstossende Elektricität allmälig, wie bei allen andern Erscheinungen, sich wieder ins Gleichgewicht gesetzt hat. Man sieht also, dass es besser gewesen wäre, statt einer ungenügenden Erklärung lieber das Phänomen als unerklärt darzustellen, um Andere zum weiteren Verfolge desselben aufzumuntern.

Fig. 23.

Die Inductionselektricität blieb, wie es scheint, unbeachtet, bis zur grossen Entdeckung Faraday's, welcher ihr diesen

1 Traité. T. II. p. 452.

neuen Namen gab, obgleich er sie anfänglich noch Elektricität durch Vertheilung nannte. Gleich anfangs (im J. 1831) construirte er Inductionsrollen, die aber bei der Anwendung des galvanischen Stromes nur geringe Wirkungen äusserten, vermuthlich wegen ihres unvollkommenen Baues. Statt des galvanischen Stromes wandte er auch Flaschenschläge an und magnetisirte Stahlnadeln in einem schraubenförmig gewundenen Drahte durch den inducirten Strom, leitete diese Wirkung aber nicht von letzterem, sondern von derjenigen Elektricität her, die vom Hauptdrahte übergegangen seyn sollte, und verfolgte daher die Sache nicht weiter [1]. Unterdess wurden die durch Galvanismus erzeugten inducirten Ströme vielseitig untersucht, bis die zur medicinischen Anwendung geeigneten Inductionsrollen und Inductionsapparate durch NEEF im J. 1838 ihren gegenwärtigen Grad der Vollendung erhielten, die durch Reibungselektricität erregten inducirten Ströme dagegen wurden mehr vernachlässigt, doch liessen die mit elektrischen Untersuchungen sich beschäftigenden Physiker dieselben nie ganz aus den Augen. Namentlich beschrieb MARIANINI die durch Flaschenschläge erzeugten Nebenströme genauer [2]. HENRY zog sie mit in seine ausführlichen Untersuchungen der Inductionserscheinungen überhaupt [3], die gründlichsten Belehrungen darüber hat aber RIESS bekannt gemacht, welcher es anfangs noch für zweifelhaft hielt, ob der Nebenstrom mit dem galvanischen und magnetischen Inductionsstrome dem Wesen nach identisch sey. Die von ihm erhaltenen Resultate lassen sich am leichtesten übersehn, wenn man die angewandten sinnreich construirten Apparate betrachtet. Die den Flaschenschlag leitende Hauptspirale A war durch eine an beiden Enden überfirnisste Glasröhre geleitet, um jedes Ueberspringen des Hauptstromes zu der Nebenspirale zu verhüten. Um die Glasröhre war die Nebenspirale B gewunden, de-

Fig. 24.

---

1 Erste Abhandlung §. 24. Poggendorff's Ann. Bd. XXV. S. 97.

2 Memorie di fis. sper. Modena 1838 und 1839. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. X. T. XI. p. 385. Die erste Abhandlung untersucht die Dimensionen beider Drähte, ihre Entfernung von einander und ihre Neigung gegen einander, die zweite den Einfluss der Ladung der Flasche, der Leitungsfähigkeit beider Drähte, und die Ursachen der zuweilen entgegengesetzten Richtung des inducirten Stromes.

3 Aus Trans. of the Amer. Phil. Soc. T. VI. p. 17 in Sturgeon Ann. of Electricity T. IV. p. 281 und in Poggendorff's Ann. Ergänz.-Heft. p. 300.

ren einer Theil die dritte Spirale C bildete, die gleichfalls eine Glasröhre mit einer Stahlnadel einschloss. Die Pfeile bezeichnen den Gang des elektrischen Stromes, und es darf dabei zugleich nicht unbemerkt bleiben, dass das nach M gerichtete Ende der Nadelin der Regel nordpolarisch wurde. Es ergiebt sich hieraus also das Gesetz, dass der Schliessungsdraht der elektrischen Batterie bei der Entladung in einem nahe liegenden Drahte einen Strom erzeugt, dessen Richtung mit der Entladung selbst gleichlaufend ist. RIESS vermochte leicht den Nebenstrom durch den Apparat zu leiten, mittelst dessen er die Erwärmung durch Elektricität gemessen hat (Bd. X. S. 402), und die Versuche ergaben, dass auch der Nebenstrom Wärme erzeugt, und zwar nach denselben Gesetzen, die in Beziehung auf den Hauptstrom aufgefunden sind. Die Versuche, welche gleichfalls angestellt wurden, um zu ermitteln, ob durch den Nebenstrom eine Zersetzung des Jodkalium bewirkt werde, gaben bloss negative Resultate[1].

Die Stärke der erzeugten Wärme benutzte RIESS bei seinen weiteren Versuchen, um die Intensität des Haupt- und Nebenstromes zu messen und hierdurch die zwischen beiden obwaltenden Gesetze zu ermitteln. Durch Anwendung von Kupfer- und Eisendrähten, deren letztere bekanntlich ungleich schlechtere Leiter der Elektricität sind, als die ersteren, ergab sich, dass die Erregung der Elektricität in einem dem Schliessungsdrahte der Batterie parallelen Nebendrahte von der Entfernung beider abhängig, von ihrem Leitungsvermögen dagegen unabhängig ist. Geht man von einer nicht zu geringen Entfernung aus, so nimmt die Elektricität des Nebenstromes im Verhältniss der Entfernung der Axen beider Drähte ab. Will man zugleich das Verhalten der erzeugten Wärme untersuchen oder diese zum Messen der elektrischen Intensität benutzen, so bedarf man langer Drähte eswohl für den Haupt- als auch für den Nebenstrom. Es ist dann aber leicht, die Drähte, deren gerade Ausspannung bei grosser Länge beschwerlich seyn würde, auf hölzernen Scheiben spiralförmig aufzuwickeln und mit irgend einem geeigneten Harze festzukleben, wozu RIESS Anweisung giebt. Leichter noch dürfte seyn, wie ich selbst mehrfach ausgeführt habe, den Draht ohne feste Scheibe spiralförmig aufzuwinden und die einzelnen

1 Poggendorff's Ann. Bd. XLVII. S. 55.

Windungen in gleichmässigen Abständen durch umschlungene Seidenfäden festzuhalten. Riess fand durch seine erschöpfenden Versuche ferner, dass der im Nebendrahte erzeugte Nebenstrom unverändert bleibt, wenn unter übrigens gleichen Bedingungen zwischen ihm und dem Entladungsdrahte noch ein Draht mit freien Enden eingeschaltet wird; dagegen tritt eine Schwächung ein, wenn der letztere in sich geschlossen ist, wie auch dann, wenn der Hauptdraht in zwei einander nahe stehenden Nebendrähten elektrische Ströme erregt, welche schwächer sind, als die in jedem einzelnen allein erzeugten seyn würden. Bringt man zwischen die beiden Spiralen eine Kupferplatte, oder eine oder zwei auf einander liegende Stanniolblätter von der Grösse der Spiralen, so wird der elektrische Strom in der Nebenspirale, wenn die Kupferscheibe 0,33 Lin. Dicke hat, bis zum Verschwinden, durch die schlechter leitenden Stanniolscheiben der Dicke proportional geschwächt. Schaltet man statt dessen isolirende Platten von Glas oder Schellack ein, so sind diese ohne Wirkung. Eine Einwirkung des Nebenstromes auf den Hauptstrom konnte Riess nicht wahrnehmen, ausser dass die Entladungsdauer des letzteren in dem Masse verzögert wird, je schlechter der Nebendraht leitet. Hierbei stellte sich übrigens das merkwürdige Resultat heraus, dass die Wirkung der Nebenspirale, die ungeschlossen gar keinen Einfluss zeigt, bis zu einer gewissen Grenze zunahm, wenn sie durch grössere, mehr verzögernde, Drahtlängen geschlossen wurde, dann aber bei wachsenden Längen der eingeschalteten Drähte wieder abnahm. Seiner Theorie nach soll dieses eine Folge davon seyn, dass die eigentliche Entladung der Flasche aus partiellen Entladungen besteht, auf deren einzelne oder sämmtliche der Nebendraht einen Einfluss ausübt. Riess mass hierbei die Stärke des Stromes mittelst der Erwärmung, welche derselbe erzeugt; man kann sie aber auch, wie er gleichfalls gezeigt hat, durch verschiedene Längen sehr feinen Stahldrahtes messen, die durch den Batteriefunken zum Glühen gebracht oder geschmolzen werden. Dass endlich die Wirkung des mit einer längeren Einschaltung versehenen Nebendrahtes um so viel stärker ist, ein je grösserer Theil des Hauptdrahtes auf ihn wirkt, ist nicht schwierig zu erklären[1].

---

1 Poggendorff An. Bd. L. S. 1. LI. S. 177. 351.

Eine Reihe von Untersuchungen, welche RIESS den hier mitgetheilten hinzugefügt hat, verdient nicht bloss sehr beachtet, sondern auch weiter verfolgt zu werden. HENRY[1] und MATTEUCCI[2] glauben gefunden zu haben, dass die Richtung des elektrischen Stromes im Nebendrahte sich mit der Entfernung ändere. Um diesen Satz zu prüfen, bediente sich RIESS eines sinnreich construirten, sehr zweckmässigen Apparates. Es sey ABCD der Entladungsdraht, welcher zwischen A und B mit einer flachen Spirale versehen ist, an C und D befinden sich die Arme eines Henley'schen Ausladers. Durch ab$\beta\alpha$ ist der Nebendraht angedeutet, welcher zwischen a und b gleichfalls eine flache Spirale hat, an der einen Seite mit einer rechts gewundenen Schraubenwindung versehen, bei α und β aber sehr fein zugespitzt ist. Beide Spitzen sind auf Glassäulen isolirt und mit einem Mechanismus versehen, um sie einander mehr oder weniger zu nähern. Zwischen die Spitzen wird eine an beiden Seiten mit einer geschwärzten Harzsubstanz überzogene Kupfer- oder Glasplatte gestellt, um auf ihr die Lichtenberg'schen Figuren kenntlich zu erzeugen; bei schwachen Elektricitäten kann auch eine bloss auf einer Seite überzogene dünne Kupferplatte dienen, mit welcher man beide Spitzen zur Berührung bringt. Durch Bepudern mit einem Gemenge aus Schwefelblumen und Mennige (oder aus semen lycopodii und Mennige) werden auf beiden Seiten kenntlich von einander verschiedene Figuren erhalten, die in ihrer Gestalt jedoch von den ächten Lichtenberg'schen abweichen, so dass man ihren positiven oder negativen Charakter nicht mit völliger Sicherheit angeben kann. In die Schraubenwindung wird eine englische Nähnadel, in einer Glasröhre befindlich, eingeschoben und ihr Ende bei m bezeichnet, um den in ihr erzeugten Magnetismus an einer Declinationsnadel zu prüfen. Hierbei zeigt sich allerdings in verschiedenen Fällen eine Anomalie der Magnetisirung, die durch Entfernung der beiden Spiralen von einander, durch ungleiche Stärke der Ladung und durch Verlängerung des Hauptdrahtes mittelst Einschaltung eines 3 F. 2 Z. langen Neusilberdrahtes hervorgebracht wird, ohne dass sich jedoch ein bestimmtes Gesetz herausstellt; sicher ist dagegen, dass die Richtung des Stro-

Fig. 25.

1 A. a. O.

2 Compt. rend. 1840. Août.

mes im Nebendrahte stets unverändert und der im Hauptdrahte gleich ist. Es darf wohl kaum bemerkt werden, dass man, um die Nadel zu magnetisiren, die beiden Spitzen mit einander in metallische Berührung bringen müsse[1].

Die Kenntniss der Inductionsphänomene, welche durch Reibungselektricität hervorgerufen werden, ist bedeutend erweitert durch eine grosse Reihe von Versuchen, wodurch DOVE den Einfluss aufgefunden hat, welchen verschiedene und in ungleicher Form angewandte Metalle auf die physiologischen, magnetischen und erwärmenden Wirkungen des inducirten Stromes ausüben, wenn sie in die Spiralen eingeschoben werden, die den Hauptstrom leiten. Die erhaltenen Resultate sind dadurch noch werthvoller, dass er sie mit denen vergleicht, die unter gleichen Bedingungen durch den galvanischen Strom erhalten werden, denn auch dieser Zweig verdankt seinen Bemühungen werthvolle Erweiterungen. Zu den Versuchen diente ihm ein eigens construirter Apparat, den er Differential-Inductor nennt, welcher im Wesentlichen aus zwei verbundenen, über Glasröhren gewickelten und gut isolirten Spiralen besteht, die in zwei andere, gleichfalls gut isolirte Spiralen gesteckt sind. In die ersteren werden die verschiedenen Metalle als Cylinder, Röhren, einzelne Drähte oder getrennte Massen gebracht, in die Verbindung der letzteren lassen sich Handhaben, Galvanometer, thermometrische Spiralen oder Spitzen einschalten, letztere, um durch die elektrischen Figuren nach der von RIESS angegebenen Methode die Richtung des inducirten Stromes zu bestimmen. Eine nähere Beschreibung dieses Apparates und der höchst zahlreichen damit erhaltenen Resultate würde zu viel Raum erfordern; es möge daher genügen, auf die Abhandlung selbst zu verweisen, und nur die Bemerkung hinzuzufügen, dass einige derselben mit der Theorie AMPÈRE's nicht wohl vereinbar sind. Von gesondertem speciellem Interesse dürfte folgende Erscheinung seyn, welche DOVE eine Induction des Schliessungsdrahtes auf sich selbst nennt. Es bezeichne mn den Schliessungsdraht der elektrischen Flasche, dessen Theil ab spiralförmig gewunden ist. (Fig. 26.) Bringt man die Nebenschliessung chhd an, versehen mit den Handhaben hh, die mit beiden Händen gehalten werden, so erhält man im Augenblicke, wenn bei n der Funke überspringt,

1 Poggendorff Ann. Bd. LI. S. 351.

eine Erschütterung. Wird aber diese Nebenschliessung ausserhalb der Spirale bei cd angebracht, so fällt die Erschütterung weg, auch wenn die zwischen c und d enthaltene Drahtlänge in beiden Fällen sich gleich ist. Entstände die Erschütterung durch eine Theilung des Stromes, so müsste sie in beiden Fällen stattfinden. Schiebt man ein Drahtbündel in die Windung, so zeigt sich Verstärkung der Erschütterung, ein Cylinder von Nickel blieb wirkungslos, ein massiver Eisencylinder von einem unmagnetischen Metalle schwächte sie, ebenso eine die Windung umgebende zweite Windung, doch wirkte diese wenig, wenn sie aus zwei entgegengesetzt gewundenen Theilen bestand. Die Wärmeerzeugung wurde durch eingeschobenes Eisen in jeder Gestalt geschwächt, die magnetische Wirkung aber verstärkt. Schon dieses genügt, um die vielfach modificirten Wirkungen der eingebrachten Metalle anzudeuten.

Fig. 27.

Weil sich die Physiker in der neueren Zeit ungleich mehr mit der galvanischen, als mit der Reibungselektricität beschäftigten, so wurde auch die durch die erstere erzeugte Induction weit häufiger untersucht, als die durch die letztere. Nach dem, was bereits im Werke (Art. **Magnetoelektricität.** Bd. VI. S. 1165) gesagt ist, fand Faraday die eigenthümlichen Erscheinungen der Induction auf oder machte mindestens auf dieselben in ihrer grösseren Ausdehnung aufmerksam und gab ihnen diesen eigenthümlichen Namen. Die durch Reibungselektricität erzeugte Induction verfolgte er nicht weit, mehr dagegen die durch den Strom der Volta'schen Säule hervorgerufene und insbesondere die durch den Magnetismus, was ihn eben zum Erfinder der Magnetoelektricität machte. Faraday's erste Versuchsreihe führte zu dem Resultate, dass ein kurzer Verbindungsdraht der beiden Elemente einer einfachen Volta'schen Kette weder beim Schliessen noch beim Trennen eine Erschütterung und einen Funken (durch Verbrennung des Metalls) giebt, beides aber erfolgt, wenn ein langer Verbindungsdraht um einen Cylinder von weichem Eisen gewunden ist und mit diesem also einen Elektromagnet bildet[1]. Hiernach ist er also der Erfinder der gegenwärtig so bedeutend vervollkommneten Inductionsrollen, obgleich Dove schon früher die Vergrösserung

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. V. N. 29. p. 349. Poggendorff Ann. Bd. XXXIV. S. 292.

des Funkens durch längere, um ein Hufeisen gewickelte Drähte[1], NOBILI durch Verlängerung des Rheophors wahrgenommen hatten[2], und JENKINS die starke Erschütterung auffand, welche man aus den Handhaben erhält, womit er die Enden des um ein Hufeisen gewundenen Drahtes versah, wenn man den Strom der einfachen Kette unterbricht, was eben FARADAY zu seinen Versuchen veranlasste[3]. Bald nachher gelangte FARADAY zu der Ueberzeugung, dass diese elektrischen Wirkungen identisch seyen mit denen, die er an Drähten wahrgenommen hatte, die durch den Strom der elektrischen Batterie inducirt sind, wovon oben bereits die Rede war[4]. Diese Versuche führten zugleich zu dem Resultate, dass der inducirte Strom durch einen Cylinder weichen Eisens, den der umgewundene Draht einschliesst, bedeutende Verstärkung erhält.

Nachdem durch FARADAY die Aufmerksamkeit auf die Induction durch die einfache Volta'sche Kette gerichtet war, wählte MAGNUS sie zum Gegenstande näherer Untersuchungen[5]. Hierzu benutzte er die um einen Elektromagnet gewundenen Spiralen und erhielt aus den Handhaben, die mit den Enden derselben verbunden waren, Erschütterungen sehr ungleicher Stärke, die schwächsten, wenn ein Anker anlag, stärkere, wenn das Hufeisen aus den Spiralen weggenommen wurde, die stärksten, wenn das Hufeisen sich ohne Anker in den Spiralen befand. Hieraus folgt, dass in der Spirale an sich ein inducirter Strom entsteht, auf welchen der Magnetismus des Hufeisens verstärkend oder schwächend einwirkt. Wurde bei geschlossenem Anker der galvanische Strom unterbrochen, so blieb der Anker hängen, beim schnellen Abreissen desselben aber entstanden Zuckungen, und zwar stärkere, wenn die Enden der Spiralen metallisch verbunden waren, die metallische Verbindung aber gleichzeitig mit dem Abreissen des Ankers aufgehoben wurde. Die auf diese Weise erzeugten Erschütterungen sind stärker, als die durch den Elektromagnet ohne Anker erhaltenen, wovon der Grund in der Verzögerung des elektrischen Stromes durch die Flüssigkeit der Volta'schen Kette liegen soll. Allein die Ver-

1 Poggendorff Ann. Bd. XXIX. S. 463.
2 Antol. di Firenze. N. 136. Poggendorff Ann. Bd. XXVII. S. 436.
3 Poggendorff Ann. a. a. O.
4 Neunte Reihe. Ebendas. Bd. XXXV. S. 413.
5 Ebendas. Bd. XXXVIII. S. 417.

bindung der Kette ist schon vor der Erschütterung aufgehoben und es kann also aus ihr kein Hinderniss erwachsen; der Grund liegt dagegen ohne Zweifel wohl darin, dass in Folge der Schliessung des Elektromagneten durch den Anker jener eine weit stärkere magnetische Kraft erhält, die also auf die Spirale eine stärkere inducirende Wirkung ausübt. Wurde die Länge der Spirale bedeutend verringert, so hatte das Anlegen des Ankers keinen merklichen Einfluss auf die Verminderung der Erschütterungen, andere Metalle, z. B. Zink statt des Eisens in die Spirale gebracht, zeigten gar keine Wirkung.

M. H. Jacobi war einer der Ersten, welche die überraschenden Erscheinungen des Inductionsstromes wahrnahmen[1]. Er bediente sich zweier Windungen, jede von 400 F. langem, 0,75 Lin. dickem, mit Seidenband umwundenem Kupferdrahte, die um einen hohlen hölzernen Cylinder von 1,5 Z. Dicke gewickelt und deren beide Enden mit einander verbunden waren. Bei der Anwendung eines einzelnen Paares Zink und Silber von 0,5 Quadratzoll Fläche erhielt man bei der Trennung einen hellen Funken und eine kaum zu ertragende Erschütterung, und dieses fand auch dann statt, wenn die Kette nur aus einem Platin- und Zink-Drahte bestand; ein eingeschobener Eisencylinder vermehrte die Wirkung bedeutend. Faraday nannte den Strom *Extra-current*, Jacobi *Contre-Courant* und Moser, welcher eine Uebersicht der bekannten Thatsachen gab und diese durch neue vermehrte, succedirenden Strom[2]. Mit den Ansichten des letzteren Gelehrten, namentlich in Beziehung auf die Einwirkung des inducirten Stromes auf die Magnetnadel und seine Fähigkeit, Iodkalium zu zersetzen, war Jacobi nicht durchaus einverstanden, und dieses veranlasste ihn, die Thatsachen abermals zu prüfen[3]. Aus Versuchen ergab sich unzweifelhaft, dass der inducirte Strom beim Oeffnen der Kette nicht nur die Magnetnadel des eingeschalteten Galvanometers abweichen macht, sondern auch chemische Wirkungen und Erschütterungen hervorbringt. Rücksichtlich der Stärke des inducirten Stromes in Vergleichung mit dem erregenden

---

1 Mém. sur l'application de l'Electromagn. au mouv. des Mach. Potsd. 1835. p. 50.

2 Dove und Moser Repertorium. Bd. I. S. 328.

3 Poggendorff Ann. Bd. XLV. S. 132.

entscheidet JACOBI nicht nach eigentlichen massgebenden Versuchen, zeigt jedoch, dass zwar die Erschütterungen ausnehmend heftig sind, die magnetische und elektrolytische Kraft dagegen sich nicht auf gleiche Weise vorzüglich zeigen. Seine Meinung über den Ursprung der inducirten Ströme geht dahin, dass diese sich als Wirkungen des im Rheophor erzeugten Magnetismus betrachten lassen. Hieran schliessen sich zahlreiche wichtige Versuche von DOVE, welche bestimmt sind, zu zeigen, dass inducirte Ströme bei der Gleichheit ihrer Wirkungen auf das Galvanometer dennoch ungleiche Erschütterungen hervorbringen können.[1]. Die Sache selbst zeigt sich auch anderweitig; denn ein schwacher Flaschenschlag wirkt heftig auf das Gefühl, afficirt jedoch die Magnetnadel kaum oder gar nicht; wird aber die Entladung durch einen Holzstift oder nassen Faden bewerkstelligt, so ist die Empfindung schwach, die Bewegung der Magnetnadel stark. Man muss also annehmen, dass die physiologischen, magnetischen, chemischen und erwärmenden Wirkungen eines elektrischen Stromes durch dessen Masse und Geschwindigkeit bedingt werden. Der Erfahrung nach sind die galvanometrischen und chemischen Wirkungen der Ströme einander gleich, wenn aber von zwei in demselben Leiter erregten Strömen, welche sich am Galvanometer als gleich zeigen, der eine stärkere Erschütterungen und lebhaftere Funken zeigt, als der andere, und Stahl stärker magnetisirt, so muss man voraussetzen, dass in dem ersteren eine gleiche Elektricitätsmenge in kürzerer Zeit bewegt werde, als in letzterem. Hierher gehört denn auch die Frage, welcher Ursache die stärkeren physiologischen Wirkungen der Eisendrahtbündel als der Eisencylinder beizumessen sind, welche durch BACHHOFFNER und STURGEON zuerst aufgefunden wurden. Aus den Versuchen ergab sich, dass zwei Spiralen, deren eine mit einem Eisendrahtbündel, die andere mit einem Eisenkern versehen war, durch Herausnehmen einiger Eisendrähte für das Gefühl gleich gemacht werden konnten, worauf dann aber die mit dem Eisenkern eine ungleich stärkere Wirkung auf die Magnetnadel äusserte. Unter die weiteren in dieser Beziehung angestellten Versuche gehören auch die mit einer Thermosäule. Wurden die Pole derselben mit einem kräftigen Elektromagnete verbun-

1 Poggendorff Ann. Bd. XLIX. S. 72.

den, so sah man beim Oeffnen der Kette Funken und das Hufeisen zog einen Anker an, auch erhielt man mittelst Handhaben, die in die Leitung eingeschaltet waren, einen Schlag. Das wichtigste hierüber ist im Werke (Art. **Thermoelektricität.** Bd. IX. S. 731) erwähnt.

Sehr ausführliche Untersuchungen über die Inductionserscheinungen hat J. HENRY angestellt, und es ist gewiss angemessen, den wesentlichen Inhalt der erhaltenen Resultate hier mitzutheilen, zumal da sie sich sowohl auf Ströme der Reibungs- als auch der Volta'schen Elektricität erstrecken. Die von ihm meistens gebrauchten Apparate waren die jetzt hinlänglich bekannten Inductionsrollen, zum Theil von colossaler Grösse, theils aus Streifen Kupferblech von 93 Fuss Länge und 1,5 Zoll Breite, doppelt mit Seidenband umwunden, einige dicht aufeinanderliegende Spiralen, andere inwendig hohle Ringe bildend, so dass sie in einander gelegt werden konnten, theils aus Kupferdraht über Formen gewunden. Der Draht war in Wachs getränkt, mit Baumwollenfäden übersponnen, und jede Windung wurde durch einen Ueberzug von Seide von der folgenden getrennt. Die erste Drahtrolle bestand aus 1660 Yards Draht von $\frac{1}{39}$ Zoll Dicke, die zweite aus 990 Ellen, die dritte aus 350 Ellen desselben Drahtes, und sie konnten sowohl einzeln gebraucht, als auch in einander gesteckt und zu 3000 Yards mit einander verbunden werden. Noch bestand eine vierte aus 546 Ellen desselben Drahtes und eine fünfte aus 1500 Ellen von $\frac{1}{125}$ Zoll Dicke, wozu noch ein Eisenstab kam, mit Kupferdraht von fünf engl. Meilen Länge und $\frac{1}{16}$ Zoll Dicke zu einem Cylinder von 18 Zoll Länge und 13 Zoll Dicke aufgewunden. Endlich diente zu den Versuchen ein Eisenstab von 3 Zoll Länge und $\frac{2}{3}$ Zoll Dicke, dessen jedes Ende mit 5 Fuss Kupferdraht umwickelt war. Der Kürze wegen möge noch bemerkt werden, dass die Apparate aus Streifen Gewinde, die aus Draht aber Rollen heissen.

Eine schwache Volta'sche Säule oder eine thermoelektrische gab mit dem grossen Gewinde glänzende Funken beim Oeffnen, aber geringe Erschütterungen; die ersteren nahmen ab, die letzteren zu, wenn sämmtliche Gewinde eingeschaltet wurden. Wuchs die Länge des eingeschalteten Drahtes bis 575 Fuss, so nahmen auch die Erschütterungen ab. HENRY nennt diese Erscheinung Induction des elektrischen Stromes auf sich selbst

und unterscheidet sie von den Strömen, die in genäherten Spiralen entstehen. Letztere zu erzeugen, legte er auf das grosse Gewinde ein anderes Gewinde oder eine Rolle, beide durch eine Glastafel isolirt, und erhielt dann beim Oeffnen des ersten einen elektrischen Strom in letzterem, welcher einen Funken gab, magnetisirte, Wasser zersetzte und eine, wiewohl schwache, Erschütterung gab. Wurde das primäre Gewinde beibehalten, das aufgelegte aber verlängert, so zeigte sich der Funke und die Magnetisirung schwächer, die Zersetzung gleich, aber die Erschütterung stärker. Als statt des Gewindes Rollen von 2650 F. Drahtlänge genommen waren, zeigten sich kleine Funken, keine Magnetisirung und Zersetzung, aber heftige Erschütterungen; jedoch waren auch die letzteren kaum merkbar, als auf ein Gewinde von 60 Fuss Länge die Rolle von 1500 Yards gelegt war. Dagegen gab die Rolle von 5 engl. Meilen langem Draht in ein ringförmiges Gewinde von 90 Fuss gesteckt Funken, Zersetzungen und Magnetisirung und zugleich unverhältnissmässige Erschütterungen. Aus einer Reihe folgender Versuche ging der Unterschied der Intensitäts- und Quantitäts-Ströme hervor. Dass die inducirende Wirkung mit der Entfernung abnimmt, ergab die Erfahrung, genaue Massbestimmungen sind aber hierüber nicht mitgetheilt, indess erhielt er mit dem Gewinde aus 93 Fuss Kupferstreifen und der Rolle aus 546 Ellen Draht von $\frac{1}{75}$ Z. Dicke auf 16 Z. Entfernung auf der Zunge einen Schlag. Später erhielt er bei Anwendung einer Säule von 8 Elementen und stark verlängerten Windungen und Rollen noch auf 7 Fuss Entfernung eine merkbare Erschütterung. War die Rolle von dem Gewinde durch eine dünne Metallplatte getrennt, so verändert dieses die Wirkung nicht merklich, sie wurde aber sehr schwach durch eine 0,1 dicke Zinkplatte, und verschwand gänzlich, wenn aus der Metallplatte ein Sector ausgeschnitten war; in der Spirale eines Drahtes dagegen, welcher mit den Rändern des Ausschnitts verbunden war, erhielt eine Nadel Magnetismus durch einen mit dem Hauptstrome gleich gerichteten Strom. Ueber die Einwirkung zwischenliegender isolirender oder leitender Platten hat auch MATTEUCCI eine grosse Reihe von Versuchen angestellt[1]. Desgleichen reihen sich hieran die von RIESS (s. o.)

1 Bibl. univ. de Genève. 1840. Oct. p. 122.

untersuchten Einwirkungen zwischenliegender geöffneter und geschlossener Spiralen.

Henry vermochte leicht mit seinen riesenhaften Apparaten die inducirten Ströme höherer Ordnungen hervorzubringen, und er versäumte nicht, dabei deren Richtung zu bestimmen. Die Sache wird am leichtesten durch eine Zeichnung übersichtlich. Ueber dem Gewinde a befand sich das Gewinde b mit dem Gewinde c verbunden, über diesem die Rolle d mit der Rolle e vereint und über diesen das Gewinde f mit der schraubenförmigen Windung g und einer darin liegenden Stahlnadel. Die Erzeugung und Stärke der Ströme höherer Ordnung hängen sehr von der Länge und Dicke der Streifen oder Drähte ab, woraus die Inductionsapparate verfertigt sind, auch nehmen sie merklich ab, weil ihre Zahl sonst unendlich seyn würde, die Richtung derselben aber wechselt, in Gemässheit vieler Versuche über ihre Magnetisirung und Zersetzung, auf folgende Weise:

Fig. 28.

primärer Strom . . . . +
Strom zweiter Ordnung . . . . +
Strom dritter Ordnung . . . . . —
Strom vierter Ordnung . . . . . +
Strom fünfter Ordnung . . . . . —

wonach also der erste inducirte Strom oder der zweiter Ordnung allezeit die Richtung des erzeugenden hat. Wenn nach Faraday's Ansicht zu folgen scheint, dass der inducirte Strom zu Anfang eine entgegengesetzte Richtung habe, so meint Henry, die Wirkung desselben sey momentan und es lasse sich kein erster und zweiter unterscheiden.

Die Resultate der Versuche Henry's über Inducirung durch den Flaschenstrom im Detail anzugeben ist nicht nöthig, denn sie stimmen dem Wesen nach mit denen überein, welche Riess (s. o.) genau beschrieben hat. Es mag daher genügen zu bemerken, dass auch hierdurch Ströme höherer Ordnung erhalten wurden und dass ein starker Batteriefunken, durch einen sehr langen Draht geleitet, einen inducirten Strom in einem ihm parallelen, 16 Zoll weit abstehenden Drahte erzeugte, welcher eine Stahlnadel zu magnetisiren vermochte [1].

---

1 Trans. of the Amer. Phil. Soc. T. VI. p. 17. Sturgeon Ann. of El. T. IV. p. 281. Poggendorff Erg.-Hft. S. 282.

Die fortgesetzten Versuche, welche HENRY bekannt gemacht hat, beziehen sich auf die Frage über eine anfängliche und nachfolgende Induction. Hierzu verwandte er die beschriebenen Apparate, ferner ein Galvanometer aus sehr dünnem Kupferdraht von 500 Windungen und ein anderes aus dickerem Kupferdraht von 40 Windungen, ferner ein 100 Windungen um Stroh enthaltendes, 2,5 Zoll langes schraubenförmiges Gewinde von dünnem Kupferdraht zur Magnetisirung durch die Rollen und ein zweites aus zwanzig Windungen von dickerem Drahte für die Gewinde; als Batterie diente eine Daniell'sche von 30 Elementen.

Bei der ersten Versuchsreihe diente zum primären Strome das 60 Fuss lange Gewinde, worauf die Rolle von 1660 Yards lag. Bei Anwendung eines einzigen Elementes war der Schliessungsschlag kaum fühlbar, der Oeffnungsschlag stark, bei mehr Elementen ward der erstere bedeutend stärker, der letztere blieb sich gleich, bei 10 Elementen waren beide gleich, bei 30 der erstere stärker. Bei weiterer Entfernung der Rolle von dem Gewinde nahmen beide Wirkungen ab, bis sie verschwanden. Bei Anwendung eines einzigen Elementes nahm der Schliessungsschlag mit der Verkürzung des Gewindes zu, vorausgesetzt, dass dasselbe auf die Rolle vollständig wirken konnte, der Oeffnungsschlag wurde dadurch nicht merklich verändert, wenn aber beide bei Anwendung von 10 Elementen gleich waren, so nahm der Schliessungsschlag durch Verlängerung des Gewindes ab und wurde zuletzt unmerkbar. Schliessungströme höherer Ordnungen zu erhalten gelang auf gleiche Weise, als früher bei den Oeffnungsströmen, und sie zeigten mittelst des Galvanometers, dessen Nadel indess nur bis zu den Strömen der zweiten Ordnung kräftig abgelenkt wurde, folgende Richtung:

	Schliessungs-Strom	Oeffnungs-Strom
Primärer Strom	+	+
Strom zweiter Ordnung	—	+
Strom dritter Ordnung	+	—
Strom vierter Ordnung	—	+
Strom fünfter Ordnung	+	—

HENRY fand ferner, dass man eine Batterie von 10 Elementen kreisförmig einrichten und innerhalb derselben eine Rolle an-

bringen kann, in welchem Falle dann die Schliessung der Kette selbst einen in den Händen fühlbaren Schlag, das Oeffnen aber einen kaum auf der Zunge merkbaren erzeugt. Schaltet man in eine Kette von 120 Elementen seinen Körper ein, so empfindet man während des Geschlossenseyns eine prickelnde Empfindung, beim Oeffnen aber einen Schlag, woraus hervorgeht, dass der Strom in der Säule sich selbst inducirt. Eine lange Reihe von Versuchen, welche angestellt wurden, um die frühere Erfahrung, dass eine Metallplatte den inducirten Strom vernichtet, mit FARADAY's Behauptung, wonach eine eingeschobene Metallplatte indifferent seyn soll, in Einklang zu bringen, führte im Ganzen zu dem Resultate, dass die viererlei Wirkungen der Inductionsströme unter verschiedenen modificirenden Bedingungen nicht gleich sind und dieses daher bei der Messung der Stromesstärke berücksichtigt werden muss. Man lernt dieses besser aus den nachfolgenden Versuchen kennen.

DOVE stellte sich die Aufgabe, die Schwierigkeiten, welche FARADAY bei der Bestimmung des eigentlichen Verhaltens bei der Bildung des von ihm angenommenen Gegenstromes *(Extracurrent)* fand, zu überwinden und das eigentliche Wesen der inducirten Ströme auf experimentalem Wege zu ermitteln. Zur festeren Bestimmung der Begriffe schickt er voraus, dass ein Strom, dessen Intensität zunimmt, in jedem Augenblicke betrachtet werden kann als bestehend aus einem unverändert bleibenden und einem neu hinzukommenden Antheile, derjenige dagegen, dessen Intensität abnimmt, aus einem gleichbleibenden und einem verschwindenden, und dann würde das Inductionsgesetz sich auf folgende Weise ausdrücken lassen: ein primärer Strom inducirt während seiner Zunahme einen entgegengesetzten, während seiner Abnahme einen gleichlaufenden secundären. Heisst dann Nebenstrom derjenige, welcher durch einen primären in einem von ihm getrennten, ihm parallelen Drahte erzeugt wird, Gegenstrom aber der in einem spiralförmigen Schliessungsdrahte mit oder ohne Eisenkern durch Wirkung jeder einzelnen Windung auf die zunächstliegenden hervorgebrachte Strom (wonach also dieser Gegenstrom als ein specieller Fall des Nebenstroms zu betrachten wäre, bei welchem ein und derselbe Draht den Weg für den primären und den inducirten abgiebt), so lassen sich die für den Nebenstrom auf-

gefundenen Erscheinungen auch als wahrscheinlich gültig für den Gegenstrom betrachten. Zur Erzeugung des primitiven Stromes diente ihm eine magnetoelektrische Maschine der Art, wie sie (Bd. IX. S.122) bereits beschrieben worden ist, mit einigen, für diesen Zweck bestimmten, besondern Vorrichtungen. Unter letzteren befand sich unter andern auch ein auf dem Anker befindlicher, nach Art des Blitzrades mit wechselnden isolirenden Stücken auf seinem äusseren Rande eingelegter Cylinder, mittelst dessen sich die allmälige Steigerung des elektrischen Stromes wahrnehmen liess. In den hierdurch erregten Strom war eine Extraspirale eingeschaltet. Zur leichteren Uebersicht, mit Beziehung auf die (Bd. IX. Fig. 16) gegebene Zeichnung der Maschine, ist a der rotirende Anker, s die eingeschaltete Extraspirale bald mit, bald ohne eingesteckten Eisenkern oder Eisendrähte u. s. w., die Unterbrechung, die dann eintritt, wenn die auf den untern Cylinder des Ankers drückende Feder auf ein in ihr eingelegtes Stück Holz gleitet. Die Wirkung dieser Anordnung ist folgende. Während der Rotation des Ankers von 0^0 bis 90^0 entwickelt sich in den metallisch geschlossenen Drähten seiner Rollen mit wachsender Stärke der primäre Strom und zugleich in der Spirale s ein entgegengesetzt fliessender Gegenstrom, der die Wirkung des ersten schwächt. Im Moment der Unterbrechung bei u hört der primäre Strom in a auf und es entwickelt sich in der in sich zurücklaufenden Spirale s ein mit dem primären gleichgerichteter Gegenstrom, welcher diesen verstärkt. Will man den Gegenstrom vermeiden, so muss im Moment der Oeffnung bei u die Extraspirale aus der schliessenden Verbindung treten, welches geschieht, wenn I. mit III. verbunden wird. Verbindet man I. mit II., so erhält man den primären Strom vermindert durch den Einfluss des während der Rotation von 0^0 bis 90^0 gebildeten entgegengesetzt fliessenden Anfangsgegenstroms und vermehrt durch den bei der Oeffnung von u sich bildenden, mit dem primären gleichgerichteten Endgegenstrom. Zur näheren Bestimmung des letzteren wird statt der Spirale s eine gleichen Leitungswiderstand erzeugende gleiche gerade Drahtlänge eingeschaltet. Die Wirkung durch I. und II. giebt dann die Wirkung des primären Stromes allein, die Schliesung von II. und III. giebt, wenn s geradlinig ausgespannt ist, gar keine Wirkung, wenn s aber eine Spirale bildet, einen mit dem

Fig. 29.

primären gleichgerichteten Strom, d. h. die Wirkung des Endgegenstromes allein. Nennt man p den primären, A den Anfangsgegenstrom, E den Endgegenstrom, so giebt die Verbindung von I. und II. p — A + E, von I. und III. p — A, von II. und III. E. Aus zahlreichen Versuchen ergiebt sich dann die Eigenthümlichkeit der inducirten Ströme rücksichtlich ihrer physiologischen Eigenschaften, der erzeugten Funken, ihrer Einwirkung auf das Galvanometer und die bewirkte Wasserzersetzung im Voltameter, worüber wir auf die Abhandlung selbst verweisen müssen [1].

Eine schätzbare Erweiterung unserer Kenntniss der Inductionsphänomene geben die Versuche WARTMANN'S [2]. Zuerst untersuchte derselbe den Einfluss der in den inducirenden Strom eingeschalteten Drähte auf die Stärke des inducirten Stromes und fand, dass bei gleichbleibendem inducirten Drahte die Stärke des inducirten Stromes in arithmetischer Progression abnimmt, wenn die Länge des eingeschalteten, geschlossenen oder offenen Drahtes in geometrischer Progression wächst. Aehnliche Resultate wurden erhalten, wenn der inducirte Draht sich gleich blieb, die Induction aber durch zwei Drähte, einen gleichbleibenden und einen veränderlichen, geschah. Mittelst Reibungselektricität erhielt WARTMANN Resultate, welche mit denen durch FARADAY [3] gefundenen völlig übereinstimmten. Ausserdem fand er, dass keine Induction in einem Drahte entsteht, dessen Richtung zwei rechte Winkel mit dem inducirenden Strome bildet, woraus sich folgern lässt, dass der durch den elektrischen Strom erzeugte Magnetismus die hauptsächlichste oder einzige Ursache der hervorgerufenen Induction sey.

Von grosser Wichtigkeit sind die elektrischen Inductionsströme wegen ihrer Anwendbarkeit zur medicinischen Elektricität. Dass die Elektricität als Heilmittel von ausgezeichneter Wirkung sey, unterliegt keinem Zweifel und geht genügend aus demjenigen hervor, was in einem eigenen, diesem Gegenstande gewidmeten Abschnitte (Bd. III. S. 390) hierüber gesagt worden ist. Inzwischen wurde von diesem sehr ener-

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 251.

2 Bullet. de la Soc. Roy. de Brux. 1843. T. X. P. II. p. 381. Lond. and Edinb. Phil. Magaz. N. 166. T. XXV. p. 266.

3 Experimental researches. §. 1613 ff.

gischen und unter geeigneten Umständen durch kein anderes zu ersetzenden Mittel stets weit weniger Gebrauch gemacht, als billig hätte geschehen sollen, wovon die Ursache wohl hauptsächlich in der Schwierigkeit der herbeizuschaffenden Apparate lag, insbesondere wenn man die hiermit verknüpfte Mühe und Zeit mit der ausnehmend geringen vergleicht, welche erfordert wird, um ein Recept zu schreiben. Früher wurden Maschinen angewandt, allein man weiss, wie geringfügig die Wirkungen der kleinen sind, abgerechnet das mühsame Drehen und die Abhängigkeit von der Trockenheit der Atmosphäre, die zumal in Krankenzimmern kaum mit Sicherheit zu erhalten ist, abgesehen von dem Raume, den etwas grössere Maschinen einnehmen, und der Gefahr ihres Transportirens. Die Volta'sche Säule versprach eine Erleichterung, allein der Strom der kleineren hat nur wenig durchdringende Kraft, das Aufbauen und Reinigen der grösseren hat aber, abgesehen von mehrfachen Unbequemlichkeiten der Gasentwickelung, der Verletzung durch Säuren u. s. w., grosse Schwierigkeiten und erfordert bedeutende Kosten. Es war daher ein grosser Gewinn, statt des ursprünglichen Stromes den inducirten zu gebrauchen, und dieses geschieht gegenwärtig durch zwei Arten von Maschinen, die zwar sehr kenntlich verschieden sind, von den Aerzten aber nicht immer unterschieden werden, weil beide, und zwar mit Recht, den Namen I n d u c t i o n s m a s c h i n e n haben. Die eine Art derselben fasst diejenigen in sich, welche den inducirten Strom durch einen Stahlmagnet erzeugen, und die wir hier übergehen können, weil sie schon (Bd. VI. S. 1175. Bd. IX. S. 121) beschrieben worden sind, wobei nur noch bemerkt werden möge, dass v. Ettingshausen bereits im J. 1837 zu Prag die unglaubliche, in ihrer grössten Stärke nicht auszuhaltende physiologische Wirkung seiner Maschine, nebst den leichten Mitteln, sie zu steigern oder zu vermindern, nachwies. Diese Maschinen verdienen daher immer einen bedeutenden Platz unter den medicinischen Apparaten einzunehmen. Die zweite Art der Inductionsapparate, bei denen eine Volta'sche Säule den primären Strom bildet, ist in ihrer Vollendung zuerst durch Neef dargestellt und den versammelten Naturforschern im J. 1838 zu Freiburg gezeigt worden; sie verdient eine etwas nähere Beschreibung, da sie in ihrer Wirksamkeit die andere Art noch übertrifft, zugleich aber weit leichter zu handhaben, fast ge-

räuschlos und minder kostspielig ist. Von der anderen Seite führt indess der Gebrauch dieser Apparate die nothwendige Anwesenheit einer oder zweier Säuren, so wie das Reinigen und Ersetzen des Zinks mit sich, die für den praktischen Arzt Mühe verursachend, Kosten erzeugend und im Krankenzimmer jedenfalls am ungeeigneten Orte sind; es wäre daher sehr zu wünschen, dass sich minder kostbare und dennoch hinlänglich wirksame elektromagnetische Maschinen herstellen liessen, eine Aufgabe, die in diesem Augenblicke vielleicht schon gelöst ist oder hoffentlich demnächst gelöst werden wird.

Die Maschinen, welche nach der von Neef erfundenen Construction von Spitra zu Prag in grosser Vollendung verfertigt werden, bestehn aus einem hölzernen Kasten, worin die aus 8 Kupferplatten und 4 Zinkplatten, also aus 4 durch trockne Pappscheiben getrennten Elementen zusammengesetzte Säule enthalten ist. Zwischen den Zink- und Kupferplätten liegen Tuchscheiben, die am besten mit Wasser und $\frac{1}{12}$stel Schwefelsäure und $\frac{1}{12}$stel Salpetersäure (oder wohl noch besser mit $\frac{1}{10}$stel von jeder) getränkt und dann zwischen zwei Bretern stark ausgedrückt sind. Liegen die Theile der Säule lose an einander, so ist ihre Wirkung nur gering, sie lässt sich aber ausnehmend verstärken, wenn man sie mittelst einer hierzu im Kasten angebrachten Schraube zusammenpresst. Man begreift leicht, dass jede andere Säule gleichfalls angewandt werden kann, und eine von constanter Wirkung würde entschieden noch einen Vorzug haben, welcher jedoch schwerlich diese stets bereite Steigerung oder Verminderung aufzuwiegen vermöchte. Eben dieses wird noch durch ein anderes Mittel erreicht. Die 4 Elemente lassen sich zwar zu einer zusammengesetzten Säule vereinigen, da aber dieses die physiologischen Wirkungen des Inductionsstromes nur vermindert, so ist der hierzu dienende Mechanismus ganz überflüssig, und es werden daher in einem an jeder Seite des Kastens auf dessen Rande eingelassenen Messingstreifen an der einen Seite alle Kupferplatten, an der andern alle Zinkplatten durch hineingedrückte Stahlfedern mit einander vereinigt, so dass man nur eine einfache Kette hat. Da aber die Stahlfedern mittelst kleiner Schrauben in ihren Vertiefungen festgeklemmt sind und frei gelassen von selbst zurückspringen, so darf man nur eine oder mehrere dieser Schrauben lüften, um 1, 2 oder 3 Elemente wirken zu lassen,

so dass hiernach der Strom nahe vom Einfachen bis zum Vierfachen gesteigert oder umgekehrt vermindert werden kann. Vor dem Kasten steht die auf Holz gewickelte Inductionsrolle, die anfangs nach Neef einen Eisenkern enthielt, jetzt aber mit einem Drahtbündel versehen zu werden pflegt. Sie besteht aus einem etwa 1,5 Lin. dicken, mit Seidenband umwickelten Messingdraht und dem etwa 0,3 Lin. dicken, mit Seide doppelt umsponnenen Kupferdraht, an dessen Enden sich die den inducirten Strom leitenden Handhaben befinden, was weiter keiner Beschreibung bedarf.

Zur Erzeugung der Erschütterung muss bekanntlich der primäre Strom (denn dieses ist bequemer, als die Unterbrechnng des inducirten Drahtes) unterbrochen werden, und da dieses der anhaltenden Wirkung wegen oft und schnell nach einander geschehen muss, so ist der hierzu dienende Mechanismus ein Hauptforderniss bei solchen Maschinen. Anfangs bediente sich Neef seines Blitzrades, welches eine willkürlich schnelle Unterbrechung des primären Stromes gestattet, später aber gab ihm J. P. Wagner eine höchst sinnreich erdachte, das mechanische Talent ihres Erfinders beurkundende Vorrichtung an. In der Durchschnittszeichnung ist a das untere Ende des Eisenkerns oder Drahtbündels, welches etwas unter der Inductionsrolle bb hervorragt. Der Draht für den primären Strom tritt bei g aus der Inductionsrolle und ist bei f in einen metallenen Träger eingesteckt, auf welchem oben eine in horizontaler Ebene um einen Zapfen drehbare Scheibe cd befestigt ist. Diese Scheibe besteht aus Kupfer und wird auf ihrer Oberfläche amalgamirt, um die Leitung zu verstärken, oder sie ist von Platin, welches sich besser reinigen lässt und insofern einen entschiedenen Vorzug verdient, als bei der amalgamirten bei jedem Funken ein Theilchen Quecksilber verbrennt und der Gesundheit nachtheilige Dämpfe erzeugt. Ein stählerner leichter Balken mn, bei e mittelst einer feinen Axe mit Spitzen balancirt, berührt mit dem einen herabgebogenen Ende bei n die Scheibe, mit dem andern m taucht er in ein kleines elfenbeinernes, mit Quecksilber gefülltes Gefäss l, welches diesen Theil statisch in die Höhe hebt und dadurch das andere Ende mit der Scheibe in genauere Berührung bringt. In den anderen Theil l des Gefässes wird ein Kupferdraht r gesteckt, dessen unteres Ende amalgamirt und dadurch mit dem Quecksilber des Ge-

Fig. 30.

fässes in leitende Verbindung gebracht ist, während das obere den anderen Pol der Säule schliesst. Der primäre Strom der Volta'schen Säule geht also durch den Draht g in den metallenen Träger f, zur Scheibe c d, durch den Draht n m zum Quecksilber l und durch den Draht r zum andern Pole. Durch diesen Strom wird aber der Eisencylinder oder das Drahtbündel zum Magnete, zieht den Eisendraht bei n an und öffnet dadurch die Kette, allein indem eben hierdurch der Magnetismus wieder aufhört, fällt auch der Draht sofort wieder herab, und dieser Wechsel findet ungefähr viermal in einer Secunde statt. Wegen der vollkommneren Leitung wirkt der Apparat mit dieser Vorrichtung am stärksten, und erzeugt mit vier verbundenen Elementen der Kette beim Anfassen der Handhaben mit trocknen Händen ein krampfhaftes Zusammenziehen der Finger und Rückwärtsbeugen des ganzen Körpers, so dass man diesen Versuch nur mit Vorsicht und in Anwesenheit eines Gehülfen anstellen darf, welcher nöthigenfalls das Spiel der Maschine anhalten kann. Nach einem andern Mechanismus befindet sich vor der Säule f auf dem Fussbrete der Maschine eine horizontale Kupferscheibe, welche durch ein Getriebe mittelst einer aufgewundenen Uhrfeder beliebig schnell umgedreht wird, wobei man zugleich die Umdrehung mittelst einer Darmsaite, welche, um die Trommel der Feder gewunden, diese aufzuziehen dient, mässiger oder ganz anhalten kann. Zur Scheibe führt von f aus eine mässig elastische dünne Feder von Messingblech, die auf der Mitte der Scheibe ruht; eine zweite, mehr nach dem Rande hin aufliegende gleiche Feder steht mit dem Drahte r in leitender Verbindung, und hiernach ist also die Verbindung durch die zuerst beschriebene Vorrichtung aufgehoben, statt dessen aber die neue durch die Federn und die Scheibe hergestellt; letztere hat aber einen, zwei oder mehrere Ausschnitte, und während also die zweite Feder in den ausgeschnittenen Sector herabgleitet, findet eine momentane Unterbrechung des Stromes statt.

Eine andere, in Wien verfertigte Vorrichtung zur Unterbrechung des Stromes besteht aus einem vertical aufgerichteten Hufeisenmagnete, zwischen dessen Schenkeln ein Cylinder von weichem Eisen, auf einer Eisenstange festsitzend, dadurch in horizontaler Ebene leicht drehbar gemacht ist, dass seine Stütze, in einer Röhre steckend, auf einer Spitze ruht. Der Cylinder

ist mit Kupferdraht umwickelt, dessen amalgamirte Enden in ein kleines Gefäss mit Quecksilber tauchen, welches durch hölzerne, strahlenförmig von der Mitte ausgehende Holzstreifen getrennt ist. Eine dieser Leisten theilt das Gefäss in zwei Hälften; das Quecksilber erhebt sich zwischen den Holzstäben und gestattet den Drahtenden die Berührung, doch trennen sich diese von dem Quecksilber, wenn sie über die Holzstreifen kommen, und unterbrechen somit den durch sie geleiteten Strom, welcher in das Quecksilber der einen Hälfte des Gefässes ein- und aus dem der andern Hälfte wieder ausströmt. Da aber der Eisencylinder durch den umwickelten Draht zum Elektromagnete wird und durch die in Folge seiner Drehung umgekehrte Richtung des Stromes seine Pole wechselt, so werden diese von den Polen des Stahlmagnetes wechselnd angezogen und abgestossen und die Drehung dauert ohne Unterbrechung fort. Letzteres macht diese Vorrichtung interessant, doch ist die erstere vorzüglicher, weil auch schwächere Ströme für dieselbe genügen, als welche zur Erzeugung der Drehung erfordert werden.

Die wohlfeilsten, dennoch aber in den meisten Fällen für den medicinischen Gebrauch genügenden Inductionsapparate sind die von Neef erfundenen und mit einigen Modificationen von verschiedenen Künstlern verfertigten, bei denen der inducirte Strom in dem Drahte erzeugt wird, welcher den Hauptstrom leitet. Diese bestehen aus einem einfachen Elemente, meistens einem Grove'schen von constanter Wirkung, und einem etwas dickeren oder zwei dünneren sehr langen, mit Seide dick übersponnenen Drähten, deren Enden die beiden Pole schliessen. Die Drähte werden um eine hölzerne, mit gefirnissten Eisenstäbchen versehene Rolle, zuweilen nur um ein durch Seide gehörig isolirtes Stück Eisen gewickelt und mit einer geeigneten, den Strom unterbrechenden und wieder schliessenden Vorrichtung, meistens und am besten mit der oben beschriebenen von Wagner erfundenen, versehen. Der Draht wird an einer beliebigen Stelle, meistens in der Mitte, unterbrochen, und beide Enden mit Handhaben versehen, welche die Person anfasst, durch welche der beim jedesmaligen Oeffnen der Kette entstehende Inductionsstrom gehen soll. Bei diesem findet also bloss die primäre, durch den elektrischen Strom unmittelbar erzeugte, Induction statt, und die Apparate sind zugleich sehr geeignet, diese letztere anschaulich zu machen.

Zwei Dinge sind bei diesen sämmtlichen Apparaten noch zu berücksichtigen und verdienen eine specielle Betrachtung: zuerst die Handhaben und dann die Eisenstäbchen. Rücksichtlich der ersteren ist längst aus der Elektricitätslehre bekannt, dass elektrische Flaschenschläge, insbesondere aber die Ströme einer (zusammengesetzten) Volta'schen Säule, um so empfindlicher wirken, je grösser die Metallfläche ist, durch welche sie in den menschlichen Körper übergehen, weil hierdurch der Widerstand vermindert wird, und hauptsächlich, weil dann eine grössere Menge von Nerven dem Strome ausgesetzt ist. Man versieht daher die Enden der Leitungsdrähte mit hohlen Cylindern von Kupferblech, etwa 4 bis 5 Z. lang und 1 bis höchstens 2 Z. im Durchmesser, die sich bequem mit der ganzen Hand umspannen lassen. Wohlfeiler gelangt man dazu, wenn man Kupfer- oder Messingdraht von 1 bis 1,5 Lin. Durchmesser, so wie man ihn käuflich erhält, putzt und einfach über einen hölzernen oder eisernen Cylinder mit dicht an einander liegenden Windungen so aufwickelt, dass die eben angegebene Dicke herauskommt, wobei man jedoch etwas auf den Rückgang des federnden Drahtes rechnen muss, was dann zugleich das Herausziehen des Cylinders gestattet. Der inducirte Strom hat vor dem Volta'schen, auch wenn er von einer zusammengesetzten Säule kommt, den grossen Vorzug, dass er den Widerstand der Leitung leichter überwindet, denn er geht zwar nicht durch Zeuge jeder Art, und die Handhabe muss daher auf die entblösste Haut gesetzt werden (vergl. **Leiter**), allein wohl durch die längste Reihe von Personen und selbst durch Wasser, so dass es mir nicht unmöglich scheint, den Strom einer kräftigen Maschine selbst durch ein Bad zu leiten, was die Wirksamkeit dieses in vielen Fällen mit auffallendem Erfolge bei hartnäckigen Rheumatismen und Lähmungen bereits angewandten Heilmittels bedeutend erweitern würde.

Rücksichtlich des zweiten Gegenstandes war in den bisherigen Untersuchungen oft die Rede von der Anwendung eines Eisenkerns oder der Eisenstäbchen im Innern der Inductionsrollen, Magnus hat indess den Unterschied beider durch eigene Versuche näher festgestellt. Bachhoffner und Sturgeon [1] mach-

---

1 Sturgeon Annals of Electricity, Magnetism and Chemistry. Lond. 1837. T. I. p. 481.

ten zuerst auf die stärkeren Wirkungen der Eisenstäbchen aufmerksam, ohne jedoch die Ursachen hiervon nur einmal anzudeuten. MAGNUS suchte diese anfangs in der grösseren Weichheit des Eisendrahtes, fand aber bald, dass selbst Stahlstäbchen eine stärkere Wirkung äussern, als der weichste Eisenkern. Das Bespinnen der Eisendrähte mit Seide zeigte nur unmerkliche Verstärkung. Eine Reihe von Versuchen, bei denen ein Magnetometer eingeschaltet wurde, um zu ermitteln, ob die Eisencylinder und Drähte auch den primären Strom verstärken, führte zu dem Resultate, dass beide auf diesen ohne allen Einfluss sind. Als die Drähte in einen Cylinder von leichtflüssigem Metall eingeschmolzen waren, gab dieser geringere Erschütterungen, als selbst ein massiver Eisencylinder von gleichem Gewichte mit dem der Drähte, und als diese in einen hohlen Cylinder von demselben Metall eingeschlossen waren, zeigte sich die Wirkung noch merklich vermindert, ein Erfolg, welchen auch eine Hülle von dünnem Messingblech hervorbrachte, ausser wenn beide hohle Cylinder der Länge nach aufgeschnitten waren.

Um diese Erscheinungen zu erklären, legt MAGNUS die Ansichten FARADAY'S zum Grunde. Hiernach erzeugt der elektrische Strom beim Verschwinden in jedem neben ihm befindlichen elektrischen Leiter einen Strom von gleicher Richtung, und wenn sich kein solcher Leiter neben ihm befindet, so erzeugt er diesen von gleicher Richtung in sich selbst. Ist der Leiter spiralförmig aufgewunden und mit einem Eisenkern im Innern versehen, so verschwindet beim Oeffnen der Magnetismus, und dieser erzeugt im Schliessungsdrahte einen Strom von gleicher Richung, woraus der starke Funke und die Erschütterung beim Oeffnen folgt. MAGNUS hält diese Erklärung zwar für richtig, aber nicht für vollständig, denn er sagt: „Da beim Oeffnen des Schliessungsdrahtes in jedem neben ihm befindlichen Leiter ein Strom von gleicher Richtung, wie der verschwindende, erzeugt wird, so entstehen auch in den Querschnitten einer Eisenmasse, die sich in einer Drahtspirale befindet, beim Oeffnen der Kette Ströme von gleicher Richtung, als der in der Spirale vorhandene. Durch die Erzeugung dieser Ströme wird die Eisenmasse magnetisch, und zwar in derselben Richtung, als sie es bei geschlossener Kette war. Es findet also beim Oeffnen der Kette in dieser Eisenmasse nicht nur ein Verschwinden des Magnetismus statt, sondern es wird

auch noch Magnetismus erzeugt, und dieser hebt die inducirende Wirkung des verschwindenden Magnetismus auf den Schliessungsdraht theilweise auf.“ Hiergegen drängt sich aber der Zweifel auf, dass dann der Schliessungsstrom, bei welchem dieser magnetische nicht entgegenwirkt, stärker als der Oeffnungsstrom seyn müsste. Vergleicht man dieses Resultat mit dem eines anfänglichen Versuches FARADAY'S (Bd. VI. S. 1168), wobei ein Stahlmagnet in eine Trommel mit einer Inductionsrolle eingesenkt und dann herausgezogen wird, dabei aber zwei entgegengesetzte Ströme erzeugt, so wird es schwer, die Ursache aufzufinden, warum in der Inductionsrolle mit eingesenktem und dadurch magnetisch werdendem Eisenkern der anfängliche und der inducirte Strom gleiche Richtung haben [1]. Allerdings liegt ein Unterschied beider Resultate darin, dass bei dem in die Inductionsrolle gesenkten Stahlmagnete die magnetische Polarität schon vorhanden ist, beim Eisenkerne aber erst erzeugt wird, und somit auch das Ausziehen des Stahlmagnets aus der Inductionstrommel dem Verschwinden des Magnetismus im Eisenkerne nicht absolut gleich ist. Lassen wir die hierbei immer noch vorhandene Schwierigkeit einmal auf sich beruhen, so dürfen wir uns nach meiner Ansicht vorstellen, dass der primäre Strom (wobei wir uns immer zwei getrennte, einander entgegengesetzt bewegte Fluida vorstellen müssen) im Eisenkern eine gleiche, aus der Trennung beider magnetischen Flüssigkeiten bestehende, magnetische Strömung erzeugt, und dass diese beim Oeffnen der Kette beide in ihrer anfänglichen Richtung bis zur plötzlichen Herstellung der neutralen, aus der Wiedervereinigung beider Elektricitäten und Magnetismen bestehenden Zustandes beharren. Die grössere Intensität des Oeffnungsstromes in physiologischer Hinsicht wäre dann leicht daraus zu erklären, dass die Erregung des Magnetismus beim Schliessen, wie MAGNUS und DOVE genügend gezeigt haben, in längerer Zeit zunehmend stattfindet, beim Oeffnen aber momentan erfolgt, mithin das mechanische Moment der Elektricität auf die Nerven ohne Vermehrung der Masse derselben ungleich stärker seyn muss. MAGNUS giebt ferner an, dass bei gleicher Stärke und Geschwindigkeit des beim Oeffnen der Kette entstehenden und des während des Geschlossenseyns derselben verschwindenden

1 Vergl. den Versuch von GAUSS. Bd. IX. S. 120.

Magnetismus beide Wirkungen sich aufheben und keine Induction stattfinden würde; es folge aber aus der wirklich vorhandenen Induction, dass der durch Induction entstehende Magnetismus schwächer sey, als der verschwindende. Genau genommen ist unzweifelhaft die Stärke des überhaupt entstehenden Magnetismus jedenfalls sich selbst gleich, sie bleibt auch in dem Eisen der Inductionsrollen während der Dauer des Geschlossenseyns des primären Drahtes sich selbst gleich, wird beim Oeffnen der Kette nicht schwächer, sondern verschwindet momentan, erreicht aber beim Schliessen derselben nicht momentan, sondern allmälig ihr Maximum, woraus die geringere Erschütterung beim Schliessen nothwendig folgt. Rücksichtlich des Unterschiedes zwischen dem Eisenkern und dem Drahtbündel heisst es: „Die Stärke des entstehenden Magnetismus im Verhältniss zu dem verschwindenden wird bei ungeänderten Bedingungen stets dieselbe bleiben, so lange kein Hinderniss für die Bildung der durch Induction in dem Eisen entstehenden elektrischen Ströme vorhanden ist. Ein solches Hinderniss wird aber stattfinden, wenn das in dem Elektromagnete befindliche Eisen aus einem Drahtbündel besteht; denn der Durchschnitt eines solchen Drahtbündels ist kein in sich geschlossener Leiter, der zur Erzeugung eines Stromes unumgänglich nöthig ist. Daher ist der in einem Drahtbündel durch Induction entstehende Magnetismus viel schwächer im Verhältniss zu dem schon vorhandenen, als der, welcher in einem massiven Eisenkern entsteht, und daher ist die Induction, welche ein Drahtbündel auf den Schliessungsdraht ausübt, viel stärker als die, welche eine massive Eisenmasse hervorbringt. Ausserdem aber wird auch die inducirende Wirkung des Schliessungsdrahtes auf sich selbst bei Anwendung von massiven Eisenmassen vermindert; denn jeder Querschnitt des Eisens bildet einen neben dem Schliessungsdrahte befindlichen geschlossenen Leiter, auf den der Schliessungsdraht inducirend wirken kann, und daher wirkt er nicht inducirend auf sich selbst." Hiernach gäbe es also zwei Ursachen der stärkeren Wirkungen der Drahtbündel, und zwar zuerst die geringere Stärke des darin erzeugten Magnetismus. Dieses ist allerdings in Beziehung auf die Tragkraft der Anker richtig (s. o. **Elektromagnetismus**), allein Magnus und Lenz (s. ebend.) haben gezeigt, wie wenig bestimmt noch die Gesetze über die Wirksamkeit der Elektro-

magnete unter verschiedenen Bedingungen sind, und es wäre daher immerhin möglich, dass bei schwächerer Anziehung der Anker doch die laterale magnetische Wirkung der Drahtbündel stärker wäre, wovon ein Grund auch darin liegen könnte, dass Eisenmassen den Magnetismus nach unterbrochenem Strome nicht augenblicklich verlieren, was dagegen bei Drahtbündeln vielleicht der Fall seyn mag. Sofern übrigens der stärkere Magnetismus auch den stärkeren Inductionsstrom erzeugt, könnte man das Entgegengesetzte von dem folgern, was Magnus angiebt. Die zweite Ursache, dass ein massiver Eisenkern als in sich geschlossener Leiter die Induction des Schliessungsdrahtes auf sich selbst hindern soll, erscheint gewichtiger für beide Modificationen, wenn nämlich der den primären Strom leitende Draht selbst den inducirten giebt oder wenn dieser eine um ihn gewundene zweite Spirale inducirt. Hiermit stimmen auch die sonstigen, von Magnus aufgefundenen Resultate überein. Ein spiralförmig gewundenes Eisenblech wirkt stärker als ein Eisencylinder, und selbst auch eine dünne eiserne Röhre stärker als letzterer, verliert aber durch zunehmende Metalldicke, doch nehmen dickere Röhre, z. B. Flintenläufe, durch Aufschlitzen mehr an Stärke zu, als dünne von Eisenblech. Geschlossene Röhren aus nicht magnetischen Metallen heben die Wirkung der in sie gesteckten Eisenstäbe auf; auch ist dieses der Fall bei Flintenläufen, nicht vollständig aber bei solchen aus dünnem Eisenblech. Hieraus lässt sich folgern, dass bei einem massiven Eisenkern nur die äussere Hülle desselben inducirend wirkt. Als praktische Regel folgt hieraus, dass für die Anwendung Drahtstäbe am geeignetsten sind, die man aber ebenso wenig als die Inductionsrollen in metallene Gehäuse einschliessen darf[1].

Um den Standpunct zu bezeichnen, auf welchem sich die wichtige Lehre von der Induction gegenwärtig befindet, werden noch einige Bemerkungen nicht überflüssig erscheinen. Faraday und alle seine Nachfolger reden von inducirten oder Inductions-Strömen, aber was haben wir uns unter diesen ihrem Wesen nach zu denken? Sie sind offenbar elektrische Ströme, denn sie zeigen alle den übrigen elektrischen Strömen eigenthümlichen Wirkungen der Afficirung des Elektrometers

1 Poggendorff Ann. Bd. XLVIII. S. 95.

und des Galvanometers, des Verbrennens, des Nervenreizes und der chemischen Zerlegung, werden durch den Magnetismus erzeugt, und sind insofern das Umgekehrte der Magnetoelektricität; sie entstehn ausserdem durch primäre elektrische Ströme, wodurch sie sich der Elektricität durch Vertheilung oder der Elektricität im Wirkungskreise anschliessen. Die Inductionselektricität hat indess die Eigenthümlichkeit, dass sie nie statisch, sondern nur dynamisch, d. h. in Bewegung begriffen, auftritt und sich also dadurch wesentlich von der Elektricität im Wirkungskreise unterscheidet, was indess damit zusammenhängt, dass die letztere durch statische, die erstere aber durch dynamische erzeugt wird. Man könnte hiernach also sagen: die Inductionselektricität ist für die dynamische das, was die durch Vertheilung hervorgerufene für die statische ist. Dann kommt es aber hauptsächlich auf die Beantwortung der Frage an, was wir uns unter elektrischen Strömen zu denken haben. Nach Faraday's Theorie sind die elektrischen Ströme (zunächst der hydroelektrischen Säule) nichts anderes, als das Resultat der im Elektrolyt entstandenen und in der Elektrode fortgehenden chemischen Zerlegung; die Elektricität ist kein eigentliches Fluidum, sondern die Fortbewegung der Elektrolyse (vergl. **Galvanismus**). bgesehen davon, dass das Fortgehen (das Strömen) der chemischen Zersetzung durch die Elektrode ein unfassbarer Begriff ist, und daher eine elektrolytische Kraft substituirt werden muss, die allerdings in den unter sich verschiedenen Molecülen des Elektrolyts liegen, nicht wohl aber von diesen getrennt selbstständig die unter sich gleichen Molecüle der Elektrode durchfliessen kann, muss vorzugsweise berücksichtigt werden, dass der Inductionsstrom nicht bloss durch den hydroelektrischen, sondern auch durch den Magnetismus und den Flaschenschlag erzeugt wird, wobei nicht eine Spur einer chemischen Zersetzung ursprünglich vorhanden ist. Wollen wir daher für die Entstehung und das Verhalten der Elektricität allgemeine, alle Erscheinungen in sich fassende, Gesetze aufstellen, wollen wir nicht mit einer in der Wissenschaft bisher unerlaubten Willkür für die hydroelektrische Säule, deren Elektricität ihrem Wesen und Verhalten nach, wie Faraday selbst bewiesen hat, mit der anderweitig erzeugten identisch ist, specielle und dem Ganzen widersprechende Gesetze aufstellen, so scheitert die chemische Theorie, die übrigens noch niemand auf anderweitige elektri-

sche Erscheinungen, ausser denen der hydroelektrischen Säule, anzuwenden nur einmal versucht hat, vollständig an den Inductionsphänomenen. Bleiben wir dagegen der älteren Theorie, wovon die des Contactes nur einen speciellen, mit allen andern vollkommen übereinstimmenden Zweig bildet, getreu, so lassen sich die Inductionserscheinungen dieser sehr gut anpassen. Hiernach ist jeder Körper mit neutraler oder gebundener, aus positiver und negativer bestehender, Elektricität in unbestimmbarer Quantität gesättigt, die aber durch die vielfachsten Ursachen, deren eine auch die chemische Zerlegung seyn könnte, wenn Thatsachen hierfür entschieden, in ihre Bestandtheile zerlegt wird und diesemnach die zahlreichen bekannten Erscheinungen hervorbringt.

Wird dieser allgemeine Satz speciell auf die Induction angewandt, so hat man bei dieser zwei vollkommene Leiter der Elektricität, die auf einander einwirken, in deren einem die zerlegte Elektricität die neutrale im andern zerlegt. Das Wesen der hierbei wirkenden zerlegenden Kraft kann in zwei Ursachen liegen, zuerst in der bekannten elektrischen Vertheilung, oder zweitens in der gegenseitigen Einwirkung des Magnetismus, sofern der primäre Leiter des elektrischen Stromes zum Magneten wird und dessen Magnetismus die neutrale Elektricität des zweiten Leiters trennt. Endlich könnten aber auch beide Ursachen gemeinschaftlich wirken. Die Mitwirkung der gemeinen Vertheilung lässt sich nicht durch das Argument beseitigen, dass die Inductionen Nichtleiter durchdringen, denn auch die Vertheilung dringt durch isolirende Körper, wie das Laden der Flaschen zeigt, und der einfache Versuch, wonach ein Elektrometer auf gleiche Weise durch einen mit Elektricität geladenen Körper afficirt wird, es mag sich Luft oder eine noch so grosse Glasscheibe zwischen beiden befinden, ja die Vertheilung selbst geschieht auch durch metallene Körper, wie FARADAY'S (s. o. Elektricität) Versuche mit den Bechern zeigen. Weit gewichtiger aber ist das Argument, dass elektrische Vertheilung nur bei statischer Elektricität vorkommt, nicht aber bei strömender, weswegen auch eine Elektrode während der Dauer des elektrischen Stromes das Elektrometer nicht afficirt. Dieses scheint mir genügend, um anzunehmen, dass die Induction, obschon der Vertheilung sehr ähnlich, jedoch ausschliesslich der dynamischen, wie die letztere der statischen Elektrici-

tät zugehörig, bloss auf der Wechselwirkung zwischen dem Magnetismus und der Elektricität beruhet, wonach dann die gesammten Erscheinungen derselben, sowohl die durch Magnetismus als die durch Elektricität erzeugten, der nämlichen Classe zugehören. Hiernach folgen die gesammten Erscheinungen aus diesem einfachen Principe von selbst. Ohne bei der eigentlich magnetischen Induction besonders zu verweilen, die aus der Theorie von selbst folgt, wird der primäre Leiter zu einem Elektromagneten, dessen getrennter Magnetismus im inducirten Leiter die Elektricitäten in gleicher Richtung trennt. Je kräftiger der Magnetismus hervorgerufen wird, desto vollständiger erfolgt die Trennung der Elektricitäten, weswegen die einfache Kette beide Wirkungen verhältnissmässig am kräftigsten hervorruft. Die Länge des zweiten Leiters steigert die Inductionswirkung, weil dann nicht bloss die im längeren Drahte enthaltene Masse der Elektricität grösser ist, sondern auch ihr mechanisches Moment durch die Länge des durchlaufenen Weges wächst. Ist der zweite Leiter in sich selbst geschlossen, so werden die Elektricitäten getrennt und vereinigen sich nach dem Aufhören des ursprünglichen Stromes wieder, ohne weitere wahrnehmbare äussere Wirkung, als die Induction, die er in einer zweiten Spirale bewirkt, worauf Henry's Inductionen höherer Ordnung beruhen; ist aber ein Körper in ihn eingeschaltet, so wird die Trennung und Wiedervereinigung auch in diesem vorgehen, und es zeigen sich dann die bekannten elektrischen Erscheinungen. Beim Schliessen des primären Leiters sind diese minder energisch, weil die Trennung beider Elektricitäten im secundären, dem inducirten, Leiter langsamer erfolgt; ist diese aber einmal vorhanden, so geschieht die Wiedervereinigung in einem verschwindenden Zeitelemente, worauf die grössere Energie beruhet. Bei dem oben erwähnten interessanten Versuche von Biot, und überhaupt, wenn die Induction durch einen Flaschenfunken bewirkt wird, erfolgen Trennung und Wiedervereinigung in dem nämlichen verschwindend kurzen Zeitelemente, was aus den Versuchen von Riess deutlich hervorgeht und diesen scharfsinnigen Physiker bewog, auf gleiche Weise magnetische und elektrische Strömungen anzunehmen, als sie bei der hier versuchten Erklärung zum Grunde liegen. Uebereinstimmend mit einem solchen momentanen Vor- und Rückwärtsströmen beider Elektricitäten sind dann auch die den Lich-

tenberg'schen ähnlichen, aber nicht völlig gleichen Figuren, welche RIESS erhielt. In der That bestehen die Inductionserscheinungen nur aus einem momentanen Zucken und zeigen sich deutlich als ein neben einander stattfindendes Hin- und Hergehen beider Elektricitäten, ein plötzliches Trennen und Wiedervereinigen derselben, am meisten den Flaschenschlägen ähnlich, denen sie auch dem Wesen nach am nächsten kommen. Namentlich zeigt sich dieses Verhalten deutlich bei BIOT'S Versuche. Im Nebenconductor zeigt sich plötzlich Elektricität, ein Funke erscheint zwischen ihm und dem Leiter des Flaschenschlags, ein von ihm zur Erde gehender magnetisirt eine Stahlnadel, aber nach der Ausgleichung der Flasche ist alle Elektricität in ihm verschwunden, und selbst wenn ein Funke zwischen ihm und dem entladenen Drahte sichtbar war, sinkt das Elektrometer sofort und der neutrale Zustand ist wieder hergestellt.

Hiernach ist dann leicht erklärlich, warum ein Eisenkern oder ein Eisenstäbchen in den Spiralen die Inductionswirkungen derselben erhöhen, und überhaupt stimmen diese Erscheinungen mit der Theorie so vollkommen überein, dass sie nicht wenig zu ihrer Unterstützung beitragen. Beruht die Induction auf der Rückwirkung des Magnetismus, so muss das durch den Hauptstrom magnetisch gewordene Eisen die Inductionselektricität sowohl des diesen leitenden Rheophors, als auch der Nebenspirale verstärken. Besteht die Hauptspirale aus einem sehr langen Drahte und sind beide Elektricitäten in ihr durch die Wirkungen der Säule und die Mitwirkung des gleichzeitig erregten Magnetismus im Eisen getrennt, so müssen beim Aufhören der ersten und der dadurch bedingten gleichzeitigen der zweiten beide sich wieder vereinen, was man sich als ein Strömen beider durch die ganze Länge des Drahtes vorstellen und hieraus die erschütternde (mechanische) Wirkung auf die Nerven erklären kann. Noch leichter wird diese Vorstellung, wenn zugleich eine Nebenspirale vorhanden ist. Ueber die Verstärkung der Erschütterung durch Eisen unter den vielfachsten Modificationen geben zwar die Versuche von MAGNUS genügende Auskunft, es sind mir aber, ausser den oben erwähnten diese specielle Frage nicht genügend beantwortenden von HENRY, keine bekannt, welche das Verhalten der Magnetnadel beim Oeffnen und Schliessen der Kette genau

angeben[1], und ich entschloss mich daher zu folgenden eigenen. Eine Wiener Inductionsrolle setzte ich in Verbindung mit einem kleinen gewundenen Elektromotor, welcher beim Schliessen energische Funken des mit Rauch verbrennenden Quecksilbers zeigte. In den Inductionsdraht schaltete ich ein Galvanometer von etwa 50 Windungen eines 0,4 Lin. dicken Kupferdrahtes ein, dessen Nadel wegen etwas grösserer Länge der oberen nicht ganz astatisch ist. Befanden sich keine Eisenstäbchen in der Spirale, so zeigte die Nadel beim Schliessen der Kette im Mittel aus mehreren Versuchen im ersten Momente 12^0 westliche Abweichung, ging aber augenblicklich zurück und hielt sich schwankend etwa auf 4^0 östlich; beim Oeffnen wurde diese Abweichung jederzeit um etwa 3^0 vermehrt, und die Nadel ging sofort auf 0 zurück, ohne die Unruhe zu zeigen, die während des Geschlossenseyns merkbar war. Befanden sich dagegen die Eisenstäbchen in der Spirale, so lief die Nadel meistens zweimal ganz herum, kam dann aber, besonders als ich sie sofort anhielt, um die starken Schwankungen zu vermeiden, auf 45^0 östlich zum Stillstande, sofern ihre, auch dann noch merkliche, Unruhe dieses zuliess, wich beim Oeffnen der Kette um weitere 8^0 östlich ab und ging dann sofort auf 0^0 zurück. Das Resultat ist allerdings überraschend, doch war das Verhalten bei allen wiederholten Versuchen übereinstimmend so deutlich, dass keine Täuschung dabei obwalten kann. Inzwischen entschloss ich mich zu einer abermaligen Reihe von Versuchen, bei denen ich durch einen geübten Gehülfen unterstützt wurde. Eine Doppelnadel schien mir minder geeignet, ich wählte daher eine einfache, an einem einfachen Seidenfaden aufgehangene. Der Multiplicator enthielt 800 Doppelwindungen, wovon die Hälfte oder beide zugleich in den Strom gebracht werden können. Beide Drähte vereint gaben eine Wirkung, dass die Nadel beim Schliessen der Kette etlichemal im Kreise herumlief; die Wirkung liess sich aber vermindern, wenn nur der eine Draht in den Strom gebracht oder der Elektromotor nur bis etwa den vierten Theil seiner Höhe in die Säure ein-

---

1 Auch die mir erst später bekannt gewordenen Versuche von Matteucci in Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. XI. p. 385 geben über die wechselnde oder bleibende Richtung des Stromes nicht genügende Auskunft.

getaucht wurde. Beim Schliessen der Kette wich die Nadel sofort östlich stark ab und blieb fortdauernd in Schwankungen, so dass wir es aufgaben, ihren Stillstand abzuwarten, obgleich sie sich herablassen, dadurch zum Stillstande und nachher durch Heben wieder zur freien Bewegung bringen liess; beim Oeffnen der Kette ging die Nadel bei schwachen Strömen sofort wieder zurück, ohne aus begreiflichen Gründen die Unruhe zu zeigen, die wir während des Geschlossenseyns der Kette wahrnahmen; bei starken Strömen dagegen nahm im ersten Momente die Abweichung mit einem plötzlichen Impulse um etliche, bis etwa 10 Grade zu, und dann kehrte die Nadel auf ihren Stand der Ruhe zurück. Diese letztere Vergrösserung der Abweichung hängt also von der Stärke des Stromes und der Empfindlichkeit der Nadel ab, verdient aber bei der Erklärung der Inductionserscheinungen sehr beachtet zu werden.

Einen artigen Versuch, die Erscheinung der Induction zu zeigen, welchen Fechner schon früher erwähnte[1], giebt Dujardin an. Man darf zu diesem Zweck nur die Drahtenden zweier Galvanometer mit einander verbinden und die eine Nadel mit der Hand drehen, so bewegt sich die andere durch Induction[2].

W. Weber[3] nennt alle bisher beschriebenen Inductionserscheinungen bipolare, weil beide Pole der Magnete dabei wirksam sind oder der Magnetismus dabei bipolar in Betrachtung kommt, und stellt diesen die unipolare Induction entgegen, bei welcher nur der eine Pol des Magnetes thätig ist. Auf die Untersuchung führte ihn eine von Faraday beobachtete Erscheinung. Wenn nämlich ein Stahlmagnet, sey er in verticaler oder horizontaler oder in der Lage der Inclinationsnadel, um seine Axe gedreht wird, wonach also der Einfluss des tellurischen Magnetismus nicht als nächste Ursache gelten kann, so erzeugt er in einem vollkommenen Leiter, welcher mit dem einen seiner Pole und seiner Mitte in Verbindung steht, einen elektrischen, die Multiplicatornadel des Galvanometers zur Abweichung bringenden Strom, dessen Richtung man sich vom Nordpole ausgehend nach der Mitte des Ma-

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XLV. S. 237.

2 L'Inst. XIme Ann. N. 512. p. 446.

3 Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins. 1839. S. 63. Poggendorff Ann. Bd. LII. S. 353.

gnetes und von da durch den Multiplicatordraht zum Nordpole zurückkehrend vorstellen kann. Um die Erscheinungen genauer zu prüfen, construirte WEBER in Gemässheit seines praktischen Talents einen sehr zweckmässigen Apparat. Ein runder Stahlmagnet wurde an einem Pole (dem Nordpole) mit einer kurzen Spitze, am andern mit einem gezahnten Rade, welches auf seiner anderen Seite gleichfalls eine Spitze hatte, versehen, so dass er durch beide, in Vertiefungen laufende Spitzen mittelst zweier anderer Räder, eines Getriebes und einer Kurbel, schnell um seine Axe gedreht werden konnte. In der Mitte ist der Magnet mit einer messingnen Scheibe versehn, deren Fläche auf seine Axe eine normale Richtung hat, und deren Rand in ein Gefäss mit Quecksilber taucht, um den einen Draht des Multiplicators mit letzterem, den anderen mit dem Halter der Nordpolspitze des Magnets in metallische Berührung zu bringen und auf diese Weise den erzeugten elektrischen Strom zu leiten [1]. Nennt man diese Erscheinung eine magnetoelektrische, so ist die entgegengesetzte elektromagnetische in dem früher bekannten Versuche gegeben, wonach ein Magnet durch einen von seiner Mitte zum einen Pole (oder umgekehrt) gerichteten elektrischen Strom eine Drehung um seine Axe erhält. Wegen der Resultate, welche WEBER durch Versuche mit diesem Apparate erhielt, und der wichtigen Folgerungen, die sich daraus ableiten lassen, namentlich der Nichtübereinstimmung mit der von AMPÈRE aufgestellten Theorie, welche zwar wohl die letzte, aber nicht die erste Erscheinung zu erklären vermag, muss ich auf die Abhandlung selbst verweisen.

Inductionsinklinatorium. S. **Inklinatorium.**

Inductionsmaschine. magnetische von STREHLKE und FARADAY. VI. 1173. von RITCHIE. 1175. von PIXII. 1177. von SAXTON. 1181. von v. ETTINGSHAUSEN. IX. 122.

Zus. SAXTON's magnetoelektrische Maschine ist seitdem genau beschrieben worden [2]. Sie hat grosse Aehnlichkeit mit einer

1 Eine die Scheibe oder den Magnet selbst berührende kupferne oder messingne Feder ersetzte das leicht herausgeschleuderte Quecksilber vortheilhaft und gewährt ausserdem den Vortheil, dass man sie der Axe des Magnetes parallel vorschieben und mit jeder Stelle seiner Oberfläche in grösserer oder geringerer Entfernung vom Pole in Berührung bringen kann.

2 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. LV. p. 360. Poggendorff Ann. Bd. XXXI. p. 401.

andern von CLARKE[1], wovon Ersterer behauptet, die Erfindung sey ihm geraubt. Inzwischen ist die Clarke'sche Maschine die besser construirte; sie wurde daher mit einigen Modificationen sehr allgemein eingeführt, und man bezeichnet gegenwärtig alle magnetoelektrische Maschinen mit diesem Namen. Will man es genauer nehmen, so unterscheidet sich die Clarke'sche Maschine durch den horizontal liegenden Anker und die Herstellung der Verbindung mittelst des Quecksilbers; das Eigenthümliche der Ettingshausen'schen dagegen besteht in dem verticalen Anker und der Vorrichtung, nur die Ströme nach einer Richtung zu erhalten, so wie endlich der sehr vortheilhaften gänzlichen Entfernung des Quecksilbers. Dieselbe ist in einigen Stücken verbessert durch LENZ[2]. Vergl. **Magnetoelektricität.**

So eben machen LINARI und PALMIERI bekannt, dass es ihnen gelungen sey, eine Inductionsmaschine construirt zu haben, die durch den tellurischen Magnetismus Funken giebt[3].

---

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. LIV. p. 262.
2 Bullet. scientif. de l'Acad. de Petersb. T. IX. N. 198.
3 Compt. rend. T. XVI. p. 1440. T. XVIII. p. 762.

Zus. Belehrend rücksichtlich des Verfahrens zur Bestimmung der Inklination sind die Messungen, welche GAUSS mit einem Inklinatorium von ROBINSON angestellt hat[1]. Ein neues Instrument zur Messung der magnetischen Neigung und deren Veränderungen ist von HUMPHRY LLOYD angegeben worden[2]. Ein auf Reisen zu gebrauchendes Inklinatorium, von ihm *Inductionsinklinatorium* genannt, hat W. WEBER[3] erfunden.

Zus. Die hauptsächlich von CHABRIER aufgestellte, von DUMERIL[4] bestätigte Ansicht, wonach der summende Ton der Insecten nicht durch den Schlag der Flügel, sondern durch die Luft hervorgebracht wird, hat durch die Untersuchungen von HERMANN BURMEISTER[5] volle Bestätigung erhalten. Hiernach ist das Geräusch Folge der in den Thorax ein- und ausströmenden Luft und hängt also mit dem durch den Flügelschlag verstärkten Athmungsprocesse zusammen. Bei einigen Arten ist das Summen ein eigentliches Pfeifen in Folge der durch eine enge Oeffnung strömenden Luft, bei andern werden dünne häutige Decken der Oeffnungen in vibrirende Bewegung gesetzt.

---

1 Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1841. Leipz. 1843. S. 10.

2 Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 441.

3 Resultate aus den Beob. des magnetischen Vereins im J. 1837. S. 81.

4 Essay sur le vol des Insectes. Par. 1822. p. 40.

5 Poggendorff Ann. Bd. XXXVIII. S. 283.

Zus. Ein einfaches Mittel, die Interferenzen der Lichtstrahlen wahrzunehmen, wird von TALBOT[1] angegeben. Ein kreisrundes Loch in einem Kartenblatt, so gross als die Pupille, wird mit einem sehr dünnen Glasblättchen bedeckt. Sieht man dadurch das Spectrum eines mässig zerstreuenden Prisma's, so gewahrt man auf seiner ganzen Länge dunkle Streifen, ähnlich denen, die durch Absorption in Iodgas erzeugt werden.

Zus. **Interferenz** der elektrischen Ströme. Eine solche wollte DE LA RIVE wahrgenommen haben[2]. LENZ aber hat die Erscheinung vollständig auf das Ohm'sche Gesetz zurückgeführt[3].

Zus. Ueber die Irradiation ist eine ausführliche und sehr lehrreiche Abhandlung von PLATEAU, einem in diesem Gebiete

---

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. LXII. T. X. p. 364.

2 Aus Mém. de la Soc. de Genève. T. VIII. in Poggendorff Ann. Bd. XLV. S. 434.

3 Bullet. de la Soc. de Petersb. T. V. Poggendorff Ann. Bd. XLVIII. S. 416.

sehr bewanderten Gelehrten, erschienen, die jedoch keinen kurzen Auszug gestattet [1].

Zus. Neuerdings versichert der Maler ONOFRIO ZANOTTI, unweit Bologna Irrlichter gesehen zu haben. Zuerst sah er kleine Feuerballen aus dem Strassenpflaster aufsteigen und bald wieder erlöschen, zugleich empfand er etwas Wärme von den nahe kommenden. Weil er hörte, sie zeigten sich in der Nähe des Kirchhofs, so suchte er sie daselbst auf, beobachtete aber in mehreren Nächten nur drei, die als kleine Kugeln schnell vertical emporstiegen und in 3 bis 4 Meter Höhe erlöschten. Zu San Donino, etliche Meilen von Bologna, sah er einst in einer Octobernacht, als es regnete und er sich in ein Haus begab, neben welchem eine Flachsröste war, ein Irrlicht, begab sich mit einem Stocke, an welchem etwas Werg befestigt war, dahin und sah die mit wenig Rauch brennende Flamme, welche die Dicke eines Decimeters hatte. Sie entzündete das Werg und erlosch in einer Höhe, die etwa dreimal so gross als die eines Mannes war. Der Geruch des erloschenen Wergs zeugte nicht von Phosphor, sondern mehr von Schwefel und Ammoniak [2]. Eine schätzbare Beobachtung dieser immerhin noch seltenen Phänomene hat BESSEL mitgetheilt. Er sah sie bei Nacht auf einem Kahne, das Flüsschen Worpe nach Bremen hinabfahrend, über einem ausgegrabenen Moorgrunde, dessen Vertiefungen sich mit Wasser gefüllt hatten, früh Morgens am 2. Dec. 1807 bei grosser Dunkelheit und regnerischem Wetter. Die Schiffer betrachteten die Erscheinung als eine gewöhnliche und nicht überraschende. Die Farbe der Flammen war etwas bläulich, wie von verbrennendem Wasserstoffgas; sie leuchteten schwach, indem der Boden nicht von ihnen erhellt wurde. Ueber die Entfernung liess sich nicht urtheilen, doch schienen einige sich in einem Abstande von 15 bis 20

---

1 Mém. de l'Acad. de Brux. T. XI. Poggendorff Ann. Ergänz. H. S. 97. 193. 405.

2 Annali di Fisica. T. III. p. 36. L'Instit. 2me Ann. N. 471. p. 8. Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 350.

Schritten zu befinden, auch über ihre Zahl und Dauer kann die Angabe von Hunderten und etwa einer Viertelminute nur als eine genäherte gelten. Die meisten bewegten sich nicht, einige aber nahmen meistens gruppenweise eine horizontale Bewegung an [1].

Zus. **Isorachien** (*Cotidal-Lines*) nennt Whewell Linien, welche diejenigen Puncte der Erde verbinden, wo gleichzeitig Fluth ist. Sie sind gekrümmt und fallen also nicht mit den Meridianen zusammen, weil die Fluthzeit durch die Configuration der Küsten und die Meeresströmungen bedingt wird, wie ihr Anblick deutlich zeigt [2].

K.

1 Poggendorff Ann. Bd. XLIV. S. 366.
2 Philos. Trans. 1831. Eine Karte derselben findet man auch in Berghaus physikalischem Atlas.

Zus. Der Gewerbverein zu Hannover hat den von KRAUSE empfohlenen Kitt für eiserne Röhren bewährt gefunden. Es werden 2 Th. Salmiak, 1 Th. Schwefelblumen, 16 Th. Eisenfeilicht in einem Mörser gemengt und als Pulver trocken aufgehoben. Beim Gebrauche mengt man 1 Theil davon mit 29

Theilen Eisenfeilicht, befeuchtet das Gemenge mit ⅞ Wasser und ⅛ Essig zu einem Brei und drückt diesen in die Fugen. Der Kitt hält im Wasser und im Feuer. Vortheilhaft wird etwas Steinkohlenasche zugesetzt. Noch bequemer ist wohl der in den Ann. des Mines T. V. empfohlene Kitt für eiserne Wasserröhren. Acht Theile gesiebtes (nicht gerostetes) Eisenfeilicht werden mit 1 Th. Schwefelblumen genau gemengt. Vor dem Gebrauche wird Salmiak in heissem Wasser gelöst, damit das Gemenge zu einem Brei angemacht und in die Fugen gedrückt. Nach drei Tage langem Trocknen im Sommer und acht Tage langem im Winter ist der Kitt hart wie Eisen.

Ein Kitt für Porzellan und Glas wird auf folgende Weise bereitet. Eine Unze Mastix wird in Alkohol aufgelöst, eine Unze Hausenblase in Wasser erweicht und dann in Branntwein aufgelöst, so dass sie eine dicke Gallerte bildet, welcher man eine halbe Unze arabisches Gummi zusetzt. Beide Flüssigkeiten werden in einem irdenen Topfe mässig erhitzt, bis sie sich verbunden haben, und dann in einem gut verkorkten Glase aufgehoben. Für den Gebrauch erwärmt man das Glas in heissem Wasser, trägt den Kitt auf die erwärmten Flächen und erhält die Fugen 24 Stunden fest zusammengebunden.

Zus. A. SEEBECK[1] hat die Versuche wiederholt und vermochte die Klirrtöne auf beide Weisen, die von CHLADNI und die von NÖRREMBERG angegebene, hervorzubringen.

1 Poggendorff Ann. Bd. XL. S. 539.

Zus. Nach vielen Versuchen von BEVAN beträgt die Kraft eines Pferdes beim Ziehen der Pflüge im Mittel 163 engl. Pfunde mit einer Geschwindigkeit von 2,5 engl. Meilen in einer Stunde. Die Zeitdauer der Arbeit (vermuthlich 8 Stunden) ist nicht angegeben [1].

1 Phil. Mag. and Ann. T. VIII. p. 22.

L.

Zus. John Herschel hat aufgefunden, dass die Helligkeit der Flamme gewöhnlicher Argand'scher Lampen mit gläsernen Schornsteinen ihr Maximum erreicht, wenn die untere Oeffnung des Schornsteins nicht mit dem unteren Theile der Flamme in der nämlichen horizontalen Ebene liegt, sondern bis zur erforderlichen Höhe empor gehoben ist, die man durch Probiren bestimmen muss.

Neuerdings hat Benkler und nach ihm Novodny ein Mittel aufgefunden, die Leuchtkraft der Flammen noch mehr, als dieses bei den Liverpooler Lampen der Fall ist, zu verstärken. Bei einer Argand'schen Lampe mit doppeltem Luftzuge wird der obere Theil des den Docht enthaltenden Cylinders etwa 1,5 Zoll lang mit einer durchbrochenen Trommel von Messingblech umgeben, die oben mit einer Platte etwas unter der Mitte der Flamme bedeckt ist, auf welcher ein 6 bis 10 Zoll hoher gläserner Cylinder ruht. Die Flamme steigt durch ein etwa 0,5 Zoll im Durchmesser haltendes Loch in der Platte empor,

---

1 Eine Tabelle der Längen und Breiten befindet sich am Ende des X. Bandes.

und die Hitze dieser, verbunden mit dem starken Luftzuge im Schornstein, bewirkt ein stärkeres Weissglühen des Kohlenstoffs und dadurch vermehrte Helligkeit. Einfacher und besser wird dieser Zweck erreicht, wenn man mit Weglassung der messingnen Umgebung die den Docht enthaltende Röhre etwa einen Zoll hoch mit einem weiteren gläsernen Schornsteine umgiebt, diesen in der mittleren Höhe der Flamme merklich verengert und von da an wieder erweitert, bis er etwa 8 Zoll Höhe erreicht. Die ohne diesen Schornstein trübe und russig brennende Flamme erhält hierdurch eine ausnehmende Weisse und Leuchtkraft. Manche hegen den falschen Wahn, dass hierdurch der Verbrauch des Oels absolut vermindert werde, allein dieses ist unmöglich, weil die grössere Lichtstärke einer Flamme von grösserer Oelconsumtion unzertrennlich ist; ein relativer Vortheil aber wird dadurch allerdings erzielt, sofern eine gleich helle Flamme gewöhnlicher Art mehr Oel erfordern würde. Ausserdem kann mit solchen Lampen aus schlechtem, sonst nur eine trübe Flamme gebendem, Oele eine völlig weisse und helle Flamme erhalten werden.

Zus. **Lanthan** (von *λανθάνω* ich verberge, weil es so lange verborgen blieb), ein kürzlich durch Mosander entdecktes Metall, dessen Eigenschaften und Verbindungen noch nicht genügend aufgefunden worden sind. Dasselbe findet sich als Oxyd mit Ceroxyd in geringer Menge verbunden und zwar ist das Ceroxyd aus drei Bestandtheilen zusammengesetzt, indem es ausser Lanthanoxyd noch einen einfachen Körper, D i d y m oder D i d y m i u m, enthält. Reines Ceroxyd ist schön blass-citronengelb, Lanthanoxyd farblos, Didymoxyd ist dunkelbraun und

färbt daher den zusammengesetzten Körper. Die Salze des Didyms sind rosenroth, die des reinen Ceroxyduls und Lanthanoxyds farblos, es gelang aber bisher nicht, sie ganz rein darzustellen.

Lapilli. Vulcanisches Product. IX. 2264.
Last oder Schiffslast. Preussisches Mass. VI. 1328.
Lasten. zu bewegende. I. 925.
Lateralexplosion. des Blitzes. I. 647.
Latomien. S. **Höhlen.** V. 423.
Laufring. bei Windmühlen. X. 2221.
Lava. Vulcanisches Product. III. 1100. IX. 2265.

Lawinen. Man unterscheidet im Allgemeinen Winter- und Frühlings-Lawinen. Die ersteren bestehen aus lockerem Schnee, welcher im Winter auf den älteren, mit einer harten glatten Kruste überzogenen, herabfällt. Wird ein Theil desselben durch den Wind in Bewegung gesetzt oder ist die ihn unterstützende Fläche sehr steil, so rollt oder gleitet er in die Thäler herab und bildet die sogenannten Staub- oder Winter-Lawinen. Die kleineren dieser Art sind nicht gefährlich; ist aber die Masse des gefallenen Schnees sehr gross, so verschütten sie die einzelnen Häuser in den Thälern, drücken sie zusammen und tödten durch das Einbrechen der Häuser und ihre unglaubliche Masse Menschen und Thiere. Eine eigne Gefahr bringt ausserdem der durch die Lawinen erzeugte Wind, denn da die herabfallende Schneemasse mit beschleunigter Geschwindigkeit fällt, so ertheilt sie der unter ihr befindlichen Luft eine ihr nahe gleiche Geschwindigkeit, die bei grosser Höhe leicht orkanähnlich werden und Häuser umstürzen kann[1]. Die der zweiten Art, die sogenannten Frühlings-Lawinen, kommen auf sehr hohen Bergen, als Montblanc, Velans, Rosa, Bernhard u. s. w., auch mitten im Sommer vor, weil dort um diese Zeit die nämlichen Ursachen wirksam sind, als auf den niedrigern Bergen im Frühling. Wenn nämlich partiell ein Theil Schnee wegschmilzt, welcher andern Massen als Stützpunct diente, so fangen die letzteren an herabzurollen, nehmen Schnee und Eis mit sich fort, ballen sich allmälig zu einer grossen, meistens sehr festen Masse zusammen und stürzen in die Thäler, wo sie durch ihre Last die Häuser zerdrücken, verschieben und vergraben und insbe-

1 Vergl. Gilbert Ann. Bd. LIV. S. 187.

sondere die Bergflüsse zudämmen, so dass durch deren Anschwellen grosse Thäler in tiefe Seen verwandelt werden. Aehnliche Verheerungen verursachen herabstürzende Gletschermassen (vergl. Bd. IV. S. 1308). Dabei muss man aber berücksichtigen, dass auf den höchsten Berggipfeln selbst im Sommer oft tiefer Schnee fällt, aus welchem Lawinen entstehen und herabfallen können.

In der Schweiz unterscheidet man viererlei Arten Lawinen: 1) Staublawinen, welche nach KASTHOFER nie Steine mit herabbringen, weil sie über der harten Kruste der unteren Schneeschicht staubartig als lockerer Schnee herabrollen. 2) Grundlawinen, von minder steilen Bergen, wenn im Frühling herabfliessendes Wasser die untere Lage des Schnees wegschmelzt und die obere, gleichfalls zusammengefrorene, Schneemasse herabstürzt. Diese bringen viele Steine mit herab, sind aber minder gefährlich, weil sie in der Regel aus geringeren Höhen kommen, in welchem Falle sie nicht zerstäuben, wohl aber wenn sie aus grossen Höhen herabfallen. 3) Gletscherlawinen, wenn ein Theil eines fortgeschobenen Gletschers abbricht und herabfällt. Aus geringeren Höhen herabkommend sind sie nicht gefährlich, wohl aber aus grösseren, in welchem Falle sie entsetzliche Verheerungen anrichten, wovon im Werke (Bd. IV. S. 1308) die Rede war. 4) Suoggilawinen. Diese haben ihren Namen von Suoggen, so viel als langsam herabgleiten, wenn eine Eismasse sich langsam fortschiebt, bis ihr unterer Theil seine Unterstützung verliert und herabstürzt. Aehnliche Arten kommen in allen mit hohen Bergen versehenen Ländern unter mittleren und hohen Breiten vor, so namentlich im Kaukasus. Im Jahre 1766 fiel eine Lawine in den Terek und sperrte ihn, so dass das Wasser zu 258 engl. Fuss Höhe stieg. Eine im Jahre 1817 herabfallende bedeckte einen Raum von 4 engl. Quadratmeilen mit Schnee, welcher an den höchsten Stellen 168 Fuss Tiefe hatte und den Terek sperrte, dessen nachher hervorbrechende Fluthen alles verheerten[1].

1 Ker Porter's Reisen u. s. w. Weim. 1823. S. 172.

Zus. A. H. Emsmann füllt Glaskugeln an nicht zu engen Thermometerröhren mit irgend einer Flüssigkeit, und wenn diese dann ausgetrieben ist, so fallen Tropfen aus den in der Röhre condensirten Dämpfen auf das heisse Glas und zeigen die Erscheinungen des Leidenfrost'schen Versuchs. Wurde mit der Röhre eine herabgebogene und pneumatisch abgesperrte verbunden, so zeigte sich nie eine Spur von Zersetzung [1]. Sehr wichtig ist aber das Resultat, welches Poggendorff übereinstimmend aus vielfach modificirten Versuchen erhielt, dass nämlich nach Leidenfrost'scher Methode gebildete Tropfen verdünnter Schwefelsäure den elektrischen Strom nicht leiten, was gegen eine eigentliche Berührung derselben mit der Metallfläche zeugt [2]. Dieses Resultat ist durch die Autorität des Experimentators verbürgt; wenn aber Person [3] behauptet, man könne zwischen dem Tropfen und der Fläche durchsehen, so streitet dieses gegen meine eigenen, durch Andere bestätigten Erfahrungen (Bd. X. S. 490). Was übrigens Person theils als eigene Erfahrungen, theils als Formeln beibringt, muss ich auf sich beruhen lassen, ausser die Bestätigung des bereits anderweitig Beobachteten, dass die Verdampfung mit der Hitze beschleunigt wird. Ausser den bereits (Bd. X. S. 484) erwähnten hat Boutigny [4] noch eine grosse Zahl verschiedener Versuche angegeben und ist überhaupt in diesen speciellen Experimenten zu einem hohen Grade von Fertigkeit gelangt. Es verdient hiervon erwähnt zu werden, dass er die Hitze der Tropfen auf 96°,5 C. als constant setzt. Unter andern befand

1 Poggendorff Ann. Bd. LI. S. 444.
2 Ebend. Bd. LII. S. 539.
3 Compt. rend. T. XV. p. 492. Poggendorff Ann. Bd. LVII. S. 292.
4 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. Tom. XI. p. 16.

sich ein runder Wassertropfen in einem Gefässe; er hielt über ihn ohne Berührung ein Thermometer, welches bis 300° C. graduirt war, allein die grössere Ausdehnung des Quecksilbers machte die Kugel platzen. Ein anderes Thermometer stieg bis 200° und sank nach Berührung des Tropfens sogleich auf 96°,5. Aus einem verschlossenen Gefässe warf der Dampf des siedenden Wassers den Kork nur dreimal heraus und dann war das Wasser verschwunden, hatte es aber vorher die Gestalt eines runden Tropfens angenommen, so flog der Kork zwölfmal und noch öfter hinaus. Selbst Eis in die glühende Schale geworfen nimmt die sphäroidale Gestalt an, und wenn man den Tropfen ausgiesst, kann sich noch ein Stück Eis darin befinden. Wasser aus 70 Meter Höhe durch künstliche Vorrichtung im Panteon herabfallend nahm diese Gestalt an, ohne das Gefäss zu benetzen. Giest man siedendes Wasser schnell in einen glühenden Platinbecher, so hört das Sieden sofort auf, es bildet sich zur Kugel und sinkt bis 96°,5 Temperatur hinab. Leicht verdampfende Flüssigkeiten, als Weingeist, Aether und sogar schweflige Säure, vermag Boutigny auf gleiche Weise zu behandeln, indem auch diese die sphäroidische Gestalt annehmen. Am meisten überraschend ist, wenn er schweflige Säure in einen glühenden Platinbecher giesst und dann Wasser zusetzt, indem dann letzteres durch die Verdampfung der ersteren gefriert und sich als Eis aus dem glühenden Becher ausschütten lässt. Der Versuch ist leicht und höchst überraschend; man muss aber gestehen, dass die Wärme hierbei sich auf eine räthselhafte Weise zeigt.

gen. 149. Leitung nicht metallischer Körper. 150. Einfluss der Temperatur. 151. Reihenfolge der verschiedenen Leiter. 1192. 1195. Metalle. 155. RITTER's Gesetz. 160. CHILDREN's Resultate. 162. DAVY's. 164—167. BECQUEREL's. 167. OHM's und POUILLET's. 168. Erze. 169. Kohle. 171. feuchte und flüssige Körper. 172. thierische und vegetabilische. 179. luftleerer Raum und Flamme. 180. Nichtleiter oder Isolatoren, als Glas. 185. nicht metallische brennbare einfache Körper. 187. Oxyde und Salze. 188. Steine, brennbare Mineralien, Harze. 189. fette Oele, halbfeste thierische Theile, thierische Fette. 190. Gase. 191. Halbleiter. 193. unipolare und bipolare. 194. Einwendungen der italienischen Physiker. 200. und PRECHTL's. 204. Verhalten des Glühlämpchens. 209. theoretische Betrachtungen. 215.

Zus. Nach zahlreichen Versuchen von W. HEINTZ wird Glas nicht bloss durch Reiben mit Schmirgel, sondern auch durch die Einwirkung der Flamme und Eintauchen in starke Säuren, vermuthlich in Folge eines nicht wahrnehmbaren dünnen Ueberzuges, so disponirt, dass es mit Tuch oder Metallen gerieben negative Elektricität zeigt, bis seine Oberfläche durch anhaltendes Reiben wieder in den gewöhnlichen Zustand versetzt worden ist. Einige Mineralien, als Bergkrystall, Kalkspath, Gyps und Schwerspath, theilen diese Eigenschaft [1].

Das elektrische Leitungsvermögen der Flamme kannte man bereits in den frühesten Zeiten, insbesondere aber wurde dasselbe von A. VOLTA in seinen meteorologischen Briefen ausführlich untersucht. Die Thatsache ist allgemein bekannt und man bedient sich daher, um einen gegebenen elektrisirten Körper von aller Elektricität zu befreien, des Mittels, dass man ihn durch eine Weingeistflamme zieht oder ihn, wie man sagt, mit dieser Flamme bestreicht. Weniger war man über die eigentliche wirksame Ursache einig, die man meistens entweder in dem aufsteigenden Rauche oder in der gleichzeitig erzeugten Luftverdünnung suchte. Eine vollständige Untersuchung der Sache hat neuerdings P. RIESS [2] mitgetheilt. Hierin stellt er zuerst die früheren Erfahrungen und die versuchten Erklärungsarten zusammen und berichtet dann die Resultate seiner eigenen Versuche. Hieraus geht hervor, das der aufsteigende Dampf durch dass Eindringen der äusseren Luft sich in zunehmend feinere Spitzen verwandelt, die dann die bekannten lei-

1 Poggendorff Ann. Bd. LIX. S. 305.
2 Ebendas. Bd. LXI. S. 543.

tenden Wirkungen äussern. Körper, die ohne Dampfbildung verglimmen, wie z. B. Kohlen, bilden eine rauhe, mit feinen Spitzen versehene Oberfläche, und erhalten durch diese ihr Leitungsvermögen, die Flamme des massiven Schwefels aber, welcher vor dem Verbrennen erst flüssig wird und daher keine Spitzen erhält, ist aus eben dieser Ursache nicht leitend, die Davy'schen Glühlämpchen dagegen bilden eine solche Menge Dampf, dass sie dadurch leitend werden; eine Kerzenflamme wirkt durch die Dampfspitzen, nach dem Ausblasen wirkt der Dampf noch einige Zeit, der glimmende Docht aber ist nichtleitend, bis sich an ihm Kohlenspitzen bilden, die dann wieder leitend wirken. Stört man die Bildung der Dampfspitzen der Flammen durch eine sie umgebende Röhre, so vermindert sich ihre Leitungsfähigkeit.

Neuerdings hat man angefangen, die Wichtigkeit des durch Ohm aufgestellten Gesetzes gebührend anzuerkennen und dasselbe bei allen elektrischen Untersuchungen zu Grunde zu legen oder mindestens zu berücksichtigen. Hierzu haben ohne Zweifel die Bemühungen Pouillet's viel beigetragen, welcher, mit jenem Gesetze unbekannt, durch eigene Untersuchungen gleichfalls zu demselben gelangte [1]. F. C. Henrici hat die von Pouillet gefundenen Formeln auf die von Ohm gegebenen zurückgeführt [2].

Ausser diesen allgemeinen Bestimmungen bemühten sich die Physiker anhaltend, die Gesetze der elektrischen Leitung und, was damit innig verbunden ist, des dieselbe hindernden Widerstandes genauer aufzufinden. Vor allen Andern gehören hierher die Versuche von Lenz, wodurch er den Einfluss der Temperatur auf das Leitungsvermögen einiger Metalle bestimmte, indem man bis dahin nicht weiter, als zu den Resultaten H. Davy's [3] gekommen war, wonach Platin durch Hitze an Leitungsvermögen abnimmt. Zur Erregung des elektrischen Stromes diente ihm eine magnetoelektrische Maschine, zum Messen der Stärke ein Galvanometer, der zu prüfende Draht aber

1 Eléments de Physique expérimentale et de Météorologie. 3me éd. Par. 1837. 2 Voll. 8. T. I. p. 613. Vergl. Compt. rend. T. IV. p. 267. Poggendorff Ann. Bd. XLII. S. 281.

2 Poggendorff Ann. Bd. LIII. S. 277.

3 Phil. Trans. 1821. p. 431.

wurde auf eine Glasröhre gewickelt und, nachdem letztere herausgezogen war, auf eine Thermometerkugel geschoben, um mit dieser in ein Gefäss mit Oel gesenkt zu werden, welches zur Vermeidung der Dämpfe durch einen Deckel mit einem gebogenen Rohre versehen war, das in einen mit Eis umgebenen Glaskolben mündete; ein sehr empfehlenswerthes Mittel, um den unerträglichen Wirkungen des Oeldampfes zu entgehen. Vier Beobachtungen, zwei bei steigender und ebenso viele bei abnehmender Temperatur, gaben ein Resultat. Um die Leitungsfähigkeit der Metalle bei verschiedenen Temperaturen auf ein allgemeines Gesetz zurückzubringen, wählte Lenz den Ausdruck

$$\gamma_n = x + yn + zn^2,$$

worin γ_n die Leitungsfähigkeit bei der Temperatur von n Graden R., x die bei 0^0 und y, z zu bestimmende Coefficienten bezeichnen. Die Rechnung ergab:

Silber $\gamma_n = 136{,}250 - 0{,}49838 \,.\, n + 0{,}00080378 \,.\, n^2$
Kupfer $\gamma_n = 100{,}000 - 0{,}31368 \,.\, n + 0{,}00043679 \,.\, n^2$
Messing $\gamma_n = 29{,}332 - 0{,}05168 \,.\, n + 0{,}00006132 \,.\, n^2$
Eisen $\gamma_n = 17{,}741 - 0{,}08374 \,.\, n + 0{,}00015020 \,.\, n^2$
Platin $\gamma_n = 14{,}163 - 0{,}03890 \,.\, n + 0{,}00006586 \,.\, n^2$.

Obgleich die Versuche nur bis 200^0 ausgedehnt wurden und daher die Formel auf höhere Temperaturen keine sichere Anwendung gestattet, so lässt sich doch aus allen das Minimum durch Differentiiren der Formel finden, wonach die Metalle dann wieder an Leitungsfähigkeit zunehmen müssten. Dieses Minimum liegt für

Silber	bei 310^0,05	und	beträgt	59,00
Kupfer	— 359,00	—	—	43,70
Messing	— 421,50	—	—	18,46
Eisen	— 278,80	—	—	6,01
Platin	— 295,30	—	—	8,41.

Da die Temperatur der Leitungsdrähte meistens unbekannt ist, sofern sie sich im Strome erhitzen, so lässt sich ihr Leitungsvermögen ohne gleichzeitige thermometrische Messung nicht bestimmen [1]. Später dehnte Lenz diese Versuche auch auf Gold, Zinn und Blei aus, für welche er nach der obigen Bezeichnung folgende Werthe erhielt:

---

1 Mém. de l'Acad. des Sc. de St. Pet. 3me Sér. Sc. math. et phys. T. II. p. 631. Poggendorff Ann. Bd. XXXIV. S. 418.

$$\text{Gold} \;..\; \gamma_n = 79{,}792 - 0{,}17028 \,.\, n + 0{,}00024389 \; n^2$$
$$\text{Zinn} \;..\; \gamma_n = 30{,}837 - 0{,}12773 \,.\, n + 0{,}00023733 \; n^2$$
$$\text{Blei} \;..\; \gamma_n = 14{,}620 - 0{,}06082 \,.\, n + 0{,}00010758 \; n^2$$

und das Minimum:

Gold	bei $349^0{,}10$,	welches	beträgt	50,06
Zinn	— 269,20	—	—	13,64
Blei	— 278,80	—	—	6,01.

Wird dann ferner die Leitungsfähigkeit dieser sämmtlichen acht Metalle bei verschiedenen Temperaturen nach der Formel berechnet, so beträgt sie[1] für Grade nach Reaumur:

Metalle	0°	100°	200°
Silber	136,25	94,45	68,72
Kupfer	100,00	73,00	54,82
Gold	79,79	65,20	54,49
Zinn	30,84	20,44	14,78
Messing	29,33	24,78	21,45
Eisen	17,74	10,87	7,00
Blei	14,62	9,61	6,76
Platin	14,16	10,93	9,02

Es liessen sich hier die Untersuchungen über den Einfluss der Wärme auf die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeiten anreihen, wir wollen indess zuvor dasjenige erwähnen, was der berühmte Reformator der ganzen Elektricitätslehre in Beziehung auf elektrische Leitung überhaupt geleistet hat. FARADAY fand zuerst zu seiner grossen Ueberraschung, dass das Eis ein Nichtleiter sey, was übrigens auf dem Continente wohl in allen grösseren Handbüchern steht (vergl. Bd. III. S. 125). Indess blieb der rege Forscher bei dieser isolirten Thatsache nicht stehen, sondern dehnte seine Untersuchungen über eine grosse Menge anderer Körper aus, die er im Zustande der Flüssigkeit leitend fand, obwohl sie im Zustande der Festigkeit isoliren, wie denn auch H. DAVY[2] gefunden hatte, dass Salpeter, Aetzkali und Aetznatron im geschmolzenen Zustande den galvanischen Strom leiten. Diejenigen Körper, welche FARADAY leitend fand, nachdem er sie auf Glas liegend oder in grünen gläsernen Röhren

1 Ebend. und Poggendorff Ann. Bd. XLV. S. 105.
2 Journ. of the Roy. Inst. 1802. p. 52.

durch Hitze flüssig gemacht oder auf einem kleinen Platinringe durch die Gebläseflamme geschmolzen hatte, sind folgende: Chlorblei, Chlorsilber, Chlornatrium, schwefelsaures Natron, Chloriod und sonstige Chlorverbindungen und Iodverbindungen, Fluorkalium, Cyankalium, Schwefelcyankalium, salpetersaures Kali, Natron, Baryt, Strontian, Blei-, Kupfer- und Silber-Oxyd, schwefelsaures Blei, schwefelsaures Quecksilberoxydul, phosphorsaures Kali, Blei- und Kupfer-Oxyd, glasige Phosphorsäure, phosphorsaurer Kalk, Borax, boraxaures Bleioxyd, boraxaures Zinnoxyd, einfach und doppelt chromsaures Kali, chromsaures Bleioxyd, essigsaures Kali, Schwefelantimon, Schwefelkalium, kieselsaures Kali. Einige Körper, z. B. boraxsaures Blei, leiten im erweichten Zustande nicht, wohl aber sehr gut, wenn sie durch grössere Hitze vollkommen flüssig geworden sind. Andere Körper dagegen werden durch den Flüssigkeitszustand nicht leitend, als Schwefel, Phosphor, Iodschwefel, Zinniodid, Operment, Realgar, Eisessig, künstlicher Campfer, Coffein, Zucker, Fettwachs, Stearin von Cacao-Oel, Wallrath, Campfer, Naphthalin, Harz, Sandarak, Schellack, Zinnchlorid, Arsenchlorür Arsenchlorürhydrat. Die Leitungsfähigkeit der flüssig gemachten Körper ist meistens sehr gross; beim Wasser am geringsten. Die Erörterung der Frage, ob diese Leitungsfähigkeit bloss durch die mögliche Verschiebbarkeit der Theile und die hieraus folgende Zersetzbarkeit bedingt wird, kann hier füglich übergangen werden, weil sich kein allgemeines Gesetz herausstellt, eben wie die Versuche mit Maschinenelektricität weil diese leicht eine solche Spannung erhält, dass ihr die besten Isolatoren nicht widerstehen und ihre Nichtleitung nur durch die bei ihnen stattfindende Vertheilung, wie beim Glase und Harze, oder durch idioelektrische Erscheinungen u. s. w. mit Sicherheit erkennbar ist[1]. Ebensowenig fest bestimmt und scharf begrenzt ist das, was FARADAY über Vertheilung und Leitung im Gegensatz von Isolirung sagt, wobei er sich auf einen Versuch von HARRIS[2] beruft, nach welchem die Elektricität durch einen dünnen Draht und den sehr luftverdünnten Raum in einer Glaskugel gleichzeitig und anscheinend gleich vollständig geleitet wurde[3].

1 Vierte Reihe. Poggendorff Ann. Bd. XXXI. S. 225.
2 Phil. Trans. 1834. p. 242.
3 Zwölfte Reihe. Poggendorff Ann. Bd. XLVII. S. 34.

Schon vor längerer Zeit gewahrte DE LA RIVE[1] den Einfluss, welchen die Erhitzung des Platins auf die Aufnahme oder Abgabe der Elektricität von ihm an Flüssigkeiten ausübt, später hat er die Erfahrung genauer beschrieben. In ein Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure oder Salpetersäure wurden zwei Streifen Platin getaucht, so dass der Strom einer schwachen Säule von ihnen durch die Flüssigkeit strömte, und zugleich war ein Galvanometer in die Kette eingeschaltet, um die Stärke des Stromes zu messen. Beide Platinstreifen waren rechtwinklig umgebogen, so dass sich ihre horizontalen Enden durch untergesetzte Weingeistlampen bis zum Sieden der durch sie berührten Flüssigkeiten erhitzen liessen. Ohne diese Erhitzung betrug die Ablenkung der Nadel 12°, durch Erhitzung stieg diese aber allmälig bis 30°, und diese Grösse blieb sich gleich, als die Lampe des positiven Pols ausgelöscht wurde; nachdem dieses aber mit der des negativen geschehen war, obgleich die des positiven blieb, sank die Ablenkung wieder auf 12° herab. Die Hitze des positiven Platinstreifens war ohne Einfluss auf die Leitung. Die Ursache, aus welcher bei flüssigen Körpern die Leitungsfähigkeit durch Wärme vermehrt, bei Metallen dagegen vermindert wird, kann nach DE LA RIVE nicht im Flüssigkeitszustande liegen, weil Quecksilber sich wie ein Metall verhält, und er glaubt daher, sie vielmehr in die leichtere Zerlegbarkeit setzen zu müssen, die bei zusammengesetzten Körpern in der Regel mit dem Leitungsvermögen vereint ist[2]. FARADAY[3] fand die an den Platinelektroden wahrgenommene Erscheinung nicht vollständig bestätigt, obgleich die Erwärmung beider Elektroden, und anscheinend vorzügsweise der negativen, die Leitung verstärkten, VORSSELMAN DE HEER aber zeigt durch eine Reihe von Versuchen, dass die Ursache in einem hindernden Ueberzuge der negativen Elektrode liegt, die dadurch polarisch und sofort wieder besser leitend wird, wenn man diesen durch Erhitzen bis zum Sieden oder durch Erschütterung fortschafft[4].

Zu dem, was über die relative Leitungsfähigkeit der Me-

---

1 Ann. Chim. et Phys. T. XXXIX. p. 304. Poggendorff Ann. Bd. XV. S. 107.

2 Bibl. univ. de Genève. 1837. Févr. T. VII. p. 388. Poggendorff Ann. Bd. XLII. S. 99.

3 §. 1637—1639.

4 Poggendorff Ann. Bd. XLIX. S. 109.

talle gesagt ist, können die Resultate der Versuche von CHRISTIE[1] hinzugefügt werden, wobei er von der Voraussetzung ausging, dass bei gleichen Durchmessern der Drähte und bei gleichstarken Elektricitätsquellen für gleiche Ablenkungen der Galvanometernadel das Leitungsvermögen den Drahtlängen direct proportional sey. Hiernach fand er folgende Grössen: Kupfer 100; Silber 152,0; Gold 110,6; Zink 52,2; Zinn 25,3; Platin 24,5; Eisen 22,3; Blei 12,4. Bei den Bestimmungen von CUMMING[2] wird gleichfalls, wiewohl allgemein, das Leitungsvermögen des Kupfers = 100 angenommen, und hiernach erhielt er folgende Werthe: Silber 176,5; Gold 35,2; Zink 53; Zinn 23,9; Platin 21,6; Eisen 24,3; Blei 16,8. Wichtig ist hierbei das von DAVY, BECQUEREL, OHM und FECHNER gefundene, durch LENZ in Folge sehr genauer Versuche bestätigte Gesetz, wonach der Leitungswiderstand der Metalldrähte ihrer Länge direct und ihrem Querschnitte oder dem Quadrate ihres Durchmessers umgekehrt proportional ist, was dann bei der Anwendung des Ohm'schen Gesetzes vorzugsweise in Betrachtung kommt[3]. Dass RITCHIE hiermit nicht übereinstimmende Resultate erhalten hat, ist Folge der Mangelhaftigkeit seiner Versuche[4]. Vor allen andern Bestimmungen von Wichtigkeit sind die Resultate über die relative Grösse des Leitungsvermögens der verschiedenen Metalle, welche RIESS[5] durch eine Reihe sehr genauer Versuche gefunden hat, die wir indess hier der Kürze wegen nur in tabellarischer Uebersicht mittheilen. Wird die Leitungsfähigkeit des Kupfers durch 100, der Leitungswiderstand des Platins durch 1 bezeichnet, so sind die übrigen Grössen:

	Leitungsfähigkeit	Leitungswiderstand
Silber	148,74	0,1043
Kupfer	100,00	0,1552
Gold	88,87	0,1746
Cadmium	38,35	0,4047
Messing	27,70	0,5602
Palladium	18,18	0,8535

1 Phil. Trans. 1833. P. I. p. 133.
2 S. ebend.
3 Mém. de l'Acad. de Pét. 3me Sér. T. III. Dove Repertorium. Bd. I. S. 326.
4 Phil. Trans. 1833. Poggendorff Ann. Bd. XXXII. S. 529.
5 Poggendorff Ann. Bd. XLV. S. 19.

	Leitungsfähigkeit	Leitungswiderstand
Eisen . .	17,66	0,8789
Platin . .	15,52	1,000
Zinn . .	14,70	1,053
Nickel . .	13,15	1,180
Blei . . .	10,32	1,503
Neusilber .	8,86	1,752

De la Rive [1] will gefunden haben, dass mehrere verbundene Metalle den magnetoelektrischen Strom besser leiten, als gleiche Längen jedes einzelnen Metalls, dass also zwischen Metallen ein negativer Uebergangswiderstand stattfinde, welcher daher mit der Zahl der Wechsel wachse; allein Poggendorff fand dieses bei seinen Versuchen nicht bestätigt, vielmehr findet hiernach beim Uebergange dieses Stromes von einem Metalle in ein anderes weder ein positiver noch ein negativer Widerstand statt [2], ein Resultat, welches durch spätere Versuche von Haldat [3] bestätigt worden ist. Ebenderselbe fand, dass die Leitungsfähigkeit der Drähte nicht verändert wird, wenn man sie willkürlich, z. B. schraubenförmig, biegt oder sie durch Hitze angelassen hat. Pulverförmige metallische Körper leiten die dynamische Elektricität um so viel schlechter, je gröber sie sind, was aus der geringeren Menge der Berührungspuncte folgen soll, und Quecksilberdämpfe leiten sie gar nicht.

Zu den im Werke (Bd. VI. S. 169) bereits mitgetheilten Resultaten über die Leitungsfähigkeit sonstiger trockner Substanzen können noch diejenigen hinzugefügt werden, welche in grosser Zahl durch Munck af Rosenschöld aufgefunden worden sind, die aber, wie alle früheren, nur zu dem Beweise führen, dass die nämlichen Körper unter verschiedenen Modificationen bald besser, bald schlechter leiten, weswegen es überflüssig scheint, mehr ins Einzelne einzugehen [4].

In Beziehung auf das Leitungsvermögen der Flüssigkeiten ist zu den Versuchen von Pfaff (Bd. VI. S. 175) hinzuzusetzen, dass diese später in etwas grösserem Umfange an ei-

1 Poggendorff Ann. Bd. XLV. S. 172.

2 Ebend. Bd. LII. S. 541.

3 Recherches sur la puissance motrice et l'intensité des courants de l'électricité dynamique. Lyon 1842. p. 11.

4 Poggendorff Ann. Bd. XXXIV. S. 460.

nem anderen Orte [1] bekannt gemacht worden sind. Die Grösse des Leitungsvermögens wurde unmittelbar durch den Abweichungswinkel bestimmt, bei welchem die Magnetnadel nach einigen Oscillationen zur Ruhe kam, und dieser betrug in der angegebenen Reihenfolge der gesättigten Flüssigkeiten bei Wasser im Minimum 0°,5 und bei verdünnter Salzsäure 50°. Da sie für Salmiaklösung 40° betrug und letztere 247416mal geringer ist als die des Stahls, so geht hieraus die schlechte Leitungsfähigkeit der Flüssigkeiten von selbst hervor. Inzwischen lassen sich die erhaltenen Bestimmungen nicht wohl als absolut genau betrachten, weil die bei den Versuchen gebrauchten Volta'schen Säulen an Stärke zu sehr wechseln.

Im genauesten Zusammenhange mit den Untersuchungen der Leitungsfähigkeit der Körper steht der Widerstand, welchen der elektrische Strom findet. Derselbe ist ein zwiefacher, zuerst der des Ueberganges (Bd. VIII. S. 32) und zweitens der der Leitung (Bd. IV. S. 667. 678. 812. 916. 972. Bd. VIII. S. 33). Der erstere wurde hauptsächlich durch FECHNER evident nachgewiesen [2], woraus zugleich hervorgeht, dass DE LA RIVE's Ansprüche auf diese ursprünglich von RITTER angeregte Entdeckung [3] unbegründet sind, und neuerdings ist dieses sehr überzeugend durch LENZ geschehen. Hierzu diente ihm ein magnetoelektrischer Strom, den man füglich als gleichbleibend stark betrachten kann, und zugleich folgende bequeme Vorrichtung. Auf dem Brete AB sind zwei Ständer C und D aufgerichtet, als Halter der in ihnen verschiebbaren Drähte FH und KG, an deren Enden die Bleche L und P befestigt sind, die in das mit der gewählten Flüssigkeit gefüllte Glasgefäss ab tauchen, während die andern Enden durch das Quecksilber in den Schälchen M und N die Verbindung mit den beiden Polardrähten der Säule herstellen. Werden ohne eine Flüssigkeit im Gefässe ab die beiden jedenfalls gleich grossen Platten L und P, zuerst aus Platin, dann aus Kupfer, mit einander zur Berührung gebracht, so zeigt die in beiden Fällen gleiche Abweichung der Galvanometernadel, dass für so grosse Flächen der Unterschied der Leitungsfähigkeit beider Metalle unmerk-

Fig. 31.

1 Schweigger's Journ. Bd. LV. S. 258.
2 Dessen Repertorium Bd. I. S. 414.
3 Bibl. univ. T. XXX. p. 210. Ann. Chim. et Ph. T. LXXV. p. 442.

bar ist und also der bei vorhandener Flüssigkeit zum Vorschein kommende einem ungleichen Uebergangswiderstande zuzuschreiben sey. Giesst man nämlich in das Gefäss ab eine leitende Flüssigkeit und nähert man die Platten, zuerst die von Platin, dann die von Kupfer, einander bis auf eine gemessene Entfernung, z. B. 1 Zoll, so zeigt die Abweichung der Galvanometernadel den ungleichen Uebergangswiderstand. Lenz erhielt für Platinplatten 9^0, für Kupferplatten 47^0 Ausschlag.

Um aus solchen Versuchen bestimmte Grössen durch Rechnung zu finden, darf man nur die nämlichen Platten in verschiedene Entfernungen von einander bringen. Sind diese Entfernungen d′ und d″, die halben Ausschlagwinkel der Multiplicatornadel α, α', α'' bei der Berührung und in den Entfernungen d′ und d″, heisst der Widerstand der festen Leiter 1, der des Ueberganges λ und der der Flüssigkeit bei der Entfernung 1 endlich l, diesen Widerstand der Flüssigkeit nach Fechner der Entfernung proportional gesetzt, so erhält man

$$l = \frac{2 \sin.\alpha.\cos.\frac{1}{2}(\alpha'+\alpha'').\sin.\frac{1}{2}(\alpha'-\alpha'')}{(d''-d')\sin.\alpha'.\sin.\alpha''},$$

$$\lambda = \frac{\sin.\alpha}{\sin.\alpha'} - 1 - d'l.$$

Der Uebergangswiderstand von Platin in verdünnte Salzsäure zeigte sich etwa zwanzigmal so gross, als der von Kupfer in dieselbe Säure; doch verändert sich der Widerstand während des Eingetauchtseyns der Platten, ein Hinderniss, welches Lenz nicht ganz zu beseitigen vermochte. Eine andere Reihe von Versuchen zeigte die Ungleichheit des Widerstandes bei Kupfer und verschiedenen Säuren. Enthielt das Wasser

2 pC.	Salzsäure,	so betrug	der	Widerstand		90093,2
4 —	—	—	—	—		51848,9
6 —	—	—	—	—		26627,2,

woraus die wichtige Folgerung hervorgeht, dass chemisch stärker wirkende Säuren zwar die Stärke des Stromes vermehren, aber nicht in Folge dieser chemischen Wirksamkeit, sondern des so bedeutend verminderten Widerstandes.

Die gediegenste Untersuchung ist dem Probleme des Uebergangswiderstandes durch Poggendorff[1] zu Theil geworden, wobei zugleich noch andere hiermit connexe Fragen zur Erör-

1 Dessen Ann. Bd. LII. S. 497.

terung kommen. Schon früher[1] hatte derselbe das Verhalten der Zink-Eisenkette aus der Kleinheit des Uebergangswiderstandes erklärt, und es erregte daher sein lebhaftes Interesse, als VORSSELMAN DE HEER[2] die Wirkungen einer Zwischenplatte von der Polarisation derselben allein ableitete und dadurch den Widerstand überhaupt in Abrede stellte, wobei er sich vorzüglich auf Versuche von DE LA RIVE in dessen Abhandlung über die Verschiedenheit der durch Magnetismus erzeugten von der übrigen Elektricität stützte[3], die eben aus einem Mangel dieses Uebergangswiderstandes hervorgehen sollte. Bei POGGENDORFF's Versuchen wurde, eben wie bei denen von DE LA RIVE, der elektrische Strom durch eine Saxton'sche Maschine hervorgebracht, wonach also die Richtung desselben stets wechselte; zum Messen desselben diente ein Luftthermometer mit einem feinen Drahte, bei welchem die erzeugte Erwärmung durch die Ausdehnung der Luft, wie beim Kinnersley'schen, messbar war, den Uebergangswiderstand aber erzeugten Platten verschiedener Art, die sich bequem zwischen die beiden Leiter bringen liessen. Wegen vielfacher Anwendbarkeit verdienen folgende zwei Apparate eine nähere Beachtung. Der eine ist ein Kasten von 5 Z. Länge, 1 Z. Breite und 3,5 Z. Höhe, aus Bretern von 1 Z. Dicke zusammengesetzt, die vorher mit schmelzendem Siegellack überzogen und dann mit Schellackfirniss überstrichen worden waren. Zwischen beide Hälften A und A′ liess sich die zu prüfende Platte a a schieben, nachdem auf die sie berührenden Ränder vorher ein Streifen Federharz gelegt war, und dann liess sich mittelst der Schrauben der ganze Kasten wasserdicht machen. Der zweite besteht aus hölzernen Stäben d, d, d, d von quadratischem Querschnitt, die durch zwei Schrauben e, e zusammengepresst werden. Die Figur zeigt ohne weitere Beschreibung, wie die Bleche c, c, die mittelst der Schrauben f, f mit den Elektroden verbunden sind, zwischen den Stäben festsitzen, und dass man dieselben ohne Mühe an Breite und Länge verschieden einrichten, auch durch mehrere zwischengelegte Stücke d, d weiter von einander entfernen kann. Legt man

Fig. 32.

Fig. 33.

1 Ebend. Bd. L. S. 256.

2 Bullet. des Sc. phys. et natur. en Neerlande 1839. Livr. V. und 1840. Liv. II.

3 Poggendorff Ann. Bd. XLV. S. 163 u. 407.

diese Vorrichtung auf den Kasten an der einen Seite, so geht der Strom ohne Zwischenplatte durch die Flüssigkeit, legt man ihn aber in die Mitte, so muss, ohne merkliche Veränderung der Dicke der zwischenliegenden Flüssigkeitsschicht, der Strom auch die Zwischenplatte durchdringen, und wenn er sich dann geschwächt zeigt, so muss dieses von dem Uebergangswiderstande herrühren. Allerdings könnte man die Ursache dieser Schwächung von einer Polarisation der Zwischenplatte ableiten, was aber darin einen Gegengrund findet, dass die Platte nicht mit den Elektroden zusammenhängt, und ausserdem zeigt die augenblicklich eintretende Schwächung des Stromes, dass nur der Widerstand hiervon die Ursache seyn kann. Endlich gehörte zum Ganzen noch ein Widerstandsmesser, bestehend aus einem hölzernen Brete, auf welchem parallel neben einander laufend zusammenhängende Neusilberdrähte ausgespannt waren, von denen grössere oder kleinere Längen in den Rheophor eingeschaltet wurden. Da der Widerstand dieses Drahtes bekannt ist (s. oben **Leiter**), so liess sich stets eine solche Länge desselben wählen, die dem Widerstande der Platte gleich war, und hierdurch eine Messung des letzteren erhalten. Endlich musste der Vergleichung wegen die Rotation des magnetoelektrischen Ankers stets die nämliche Geschwindigkeit haben, was sich auch ohne Uhrwerk leicht so weit erreichen liess, dass zu jedem Versuche 15 Secunden mit 15 Wechseln des Stromes in jeder Secunde angewandt wurden. Die Versuche zeigten ohne Ausnahme das Vorhandenseyn eines Uebergangswiderstandes.

Ohne der Kürze halber die Versuche einzeln zu beschreiben, wird es genügen, nur die Hauptresultate mitzutheilen. Zuerst hängt die Grösse des Widerstandes von der Natur des Metalles und der Flüssigkeit ab; in gleicher Flüssigkeit ist er grösser bei Platin als bei Kupfer, und für letzteres grösser als für Eisen, in Kochsalzwasser grösser als in Schwefelsäure, und nimmt in letzterer mit der Concentration ab. Die Metallplatten müssen mit Sand gescheuert und so abgespült seyn, dass die Flüssigkeit sie überall vollständig benetzt, weil sich sonst der Widerstand vergrössert, welcher dagegen bei Kupfer vermindert wird, wenn man es an der Luft über der Weingeistlampe so stark erhitzt, bis die anfangs entstehenden Farben verschwinden. Ausserdem wird die Oberfläche der Zwischenplatten durch den Strom selbst, insbesondere durch den bei jeder Umdrehung

wechselnden magnetoelektrischen, verändert, und erhält einen Ueberzug, welcher in der kürzesten Zeit sich bildet. Genaue deshalb angestellte Versuche ergaben, dass zwar der Widerstand vor dieser Veränderung schon vorhanden ist und also nicht lediglich von ihr herrührt, allein der Widerstand wird bei verschiedenen Platten und Flüssigkeiten hierdurch bedingt und hindert dann jede genaue Vergleichung. Hinsichtlich der Stärke des Stromes ergaben die Versuche, dass unter gleichen Bedingungen der Widerstand mit der Abnahme des Stromes wächst, und bei gleichem Flächeninhalte der durchleitenden Metallplatte im gleichen Verhältnisse. Wird dieser Flächeninhalt bei übrigens gleichen Bedingungen grösser, so nimmt der Widerstand ab, jedoch nicht im einfachen, sondern in einem kleineren Verhältnisse. Die Temperatur der Flüssigkeit endlich vermindert den Uebergangswiderstand.

Es wird nicht als überflüssig erscheinen, hier kurz zu bemerken, dass SCHÖNBEIN [1] den Uebergangswiderstand zwischen Metallen und Flüssigkeiten (denn zwischen Metallen findet keiner statt) in Abrede stellt und die dahin gehörigen Erscheinungen vielmehr von einer Polarisation der Metalle ableitet, die er als Folge eines dünnen Ueberzugs betrachtet. Allerdings zeigt sich der Widerstand schon im ersten Augenblicke, allein die Polarisation kann ebenso schnell eintreten und demnach ist der Einwurf auf jeden Fall nicht wohl zu widerlegen. DE LA RIVE sucht in einer ausführlichen Abhandlung [2] die in seiner früheren, oben bereits erwähnten, aufgestellten Sätze über die Eigenthümlichkeiten der discontinuirlichen Ströme (der stets wechselnden der magnetoelektrischen Maschinen) gegen die ihm von LENZ und POGGENDORFF gemachten Einwendungen zu vertheidigen. Da es indess wohl allgemein anerkannt ist, dass es keine zweierlei Arten von Elektricität giebt, so könnte der Unterschied bloss in dem steten Wechsel der Stromrichtung liegen. Obgleich DE LA RIVE sich meistens nur auf seine früheren Versuche bezieht, so hat er doch namentlich über den Widerstand der Zwischenplatten, wovon hier die Rede ist, noch einige neue hinzugefügt. Dabei bediente

---

1 Bericht über die Verhandl. d. naturf. Ges. zu Basel. 1843. S. 53.

2 Aus d. Archives de l'Electricité in Poggendorff Ann. Bd. LIV. S. 231. 477.

er sich statt des gewiss minder zweckmässigen Breguet'schen Metallthermometers eines Luftthermoskops, bestehend aus einem in einer Glaskugel ausgespannten dünnen Platindrahte, durch dessen Erwärmung die Luft ausgedehnt wurde und gefärbter Weingeist in einer mit der Kugel verbundenen herabhängenden Thermometerröhre sank. Zur Erzeugung des elektrischen Stromes diente eine constante Batterie von 10 Elementen, und um den Unterschied des continuirlichen und des abwechselnden Stromes zu ermitteln, wurde ein Commutator angewandt, wogegen aber POGGENDORFF einwendet, dass bei der Anwendung dieses Apparats leicht Nebenumstände einwirken können. Auf diese Weise wurde gefunden, dass bei bloss metallischer Leitung ein continuirlicher Strom stärker erwärmend wirkt, als ein wechselnder, bei eingeschalteten Flüssigkeiten aber das Gegentheil stattfindet. Um den Einfluss der metallenen Zwischenplatten zu prüfen, diente ein schmaler länglicher Glastrog mit 9 Th. Wasser und 1 Th. Schwefelsäure, in welche Flüssigkeit 1 bis 3 Wände von Platin, Kupfer, Zinn, Kadmium, Zink und Blei zwischen die Elektroden von Platin eingesenkt wurden. Bei den drei ersten Metallen bewirkten die eingeschalteten Platten auch für den wechselnden Strom einen Unterschied, aber einen weit geringeren, als für den continuirlichen; bei Kadmium war die Wirkung für den letzteren gering, für den ersteren gar nicht vorhanden. Zink gab wegen der Gasentwicklung und Blei wegen einer gebildeten Oxydschicht keine genügenden Resultate. Bei mit der Hälfte Wassers verdünnter Salpetersäure traten die Erscheinungen noch deutlicher hervor, aus denen dann gefolgert wird, dass Metallscheiben von (verhältnissmässig) grossem Flächeninhalt in die Flüssigkeit gebracht, welche der wechselnde Strom durchströmt, keinen Widerstand leisten, wohl aber dann, wenn dieser Strom ein continuirlicher ist. Von Letzterem liegt die Ursache in einem auf den Metallflächen gebildeten Ueberzuge, welcher durch den wechselnden Strom beim Entstehen wieder weggenommen wird.

Ohne über die obwaltende Streitfrage bestimmt entscheiden zu wollen, kann man sich bei der Prüfung der beiderseitigen Apparate, der erhaltenen Resultate, der Methoden und Argumentationen nicht wohl des Urtheils enthalten, dass in allen diesen Hinsichten das Uebergewicht auf der Seite der Wider-

sacher des Genfer Physikers liegt. Uebrigens verdient die Aufgabe allerdings einer neuen Versuchsreihe mit abgeänderten Bedingungen unterworfen zu werden.

Die zweite Art des Widerstandes, nämlich der Leitungswiderstand, fällt mit dem bereits erörterten Leitungsvermögen zusammen, insofern er diesem umgekehrt proportional ist. Als eine interessante Zugabe zu den hierüber mitgetheilten Untersuchungen können diejenigen betrachtet werden, welche PTSCHELNIKOFF angestellt und LENZ bekannt gemacht hat [1]. Die Hauptresultate derselben sind folgende. Wenn der menschliche Körper in den Strom einer magnetoelektrischen Maschine dadurch eingeschaltet wurde, dass eine Person zwei entfernte Theile ihres Körpers in zwei Gefässe mit einer Flüssigkeit tauchte, in welche beide Enden der Spirale geleitet waren, so verminderte sich der Widerstand beim Eintauchen der ganzen Hand in Wasser mit 1 pC. Schwefelsäure gegen den beim Eintauchen eines Fingers fast um das Sechsfache. Ein bedeutend geringerer Widerstand zeigte sich für 4 pC. haltige Säure und in dem Falle, als eine kleine blutige Schramme sich an der Hand befand, ein stärkerer dagegen beim Eintauchen in Quecksilber, ohne Zweifel weil dieses geringere Berührung mit der Haut hat. Bei jungen Personen schien der Widerstand grösser zu seyn, als bei älteren, jedoch ohne ein unter allen Umständen constantes Verhältniss. Ging der Strom von der einen Hand zur andern, so war der Widerstand kaum verschieden von dem, welcher stattfand, wenn er von der Hand zum Fusse ging, dagegen zeigte er sich stärker zwischen der Brust und der rechten Hand, als zwischen der Brust und der linken. Wird dieser Widerstand auf den normalen von 1 Fuss 0,6 Millim. dicken Kupferdraht zurückgeführt, so betrug er beim Eintauchen der ganzen Hand in Wasser mit 1 pC. Säure 300010 Fuss, beim Eintauchen von 4 Fingern in Quecksilber 522460 Fuss, beim Anfassen der befeuchteten messingenen Handhaben des Clarke'schen Apparats 377950 Fuss. Mit der Reizbarkeit der Personen steht der Widerstand in keinem bleibenden Verhältniss, zugleich aber war die Empfindung heftiger an dem Theile, wo der Strom eintrat, als an dem entgegengesetzten.

1 Bullet. de l'Acad. de St. Pétersb. T. X. p. 184. Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 429.

Eine der gediegensten Untersuchungen über den Widerstand der Metalle und der Flüssigkeiten gegen den elektrischen Strom hat WHEATSTONE[1] mit ganz gleichen Apparaten, als die von JACOBI gebrauchten, angestellt und im Wesentlichen die nämlichen Resultate erhalten.

Ueber das starke Leitungsvermögen der Erde s. **Telegraph.**

Zus. Auf der Sternwarte zu Pulkowa hat STRUVE[2] mit-

---

1 Phil. Trans. 1843. P. II. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. X. p. 257.

2 Recueil des actes de la séance publ. de l'Acad. imp. des sciences

telst des Meridiankreises von Repsold die Aberration der Fixsterne genau gemessen. Hieraus geht eine Geschwindigkeit des Lichts von 41519 geogr. Meilen in einer Secunde, mit einer Ungewissheit von 22 Meilen, hervor, und das Licht durchläuft hiernach den mittleren Halbmesser der Erdbahn in 8′ 17″, 8.

Als Arago[1] den durch Wheatstone sinnreich erfundenen Spiegelapparat kennen gelernt hatte, womit dieser Gelehrte die Geschwindigkeit des elektrischen Stromes in vollkommenen Leitern mass (s. **Elektricität,** Geschwindigkeit der Fortpflanzung), so schlug er vor, diesen zu einem entscheidenden Versuche zu benutzen, um zu ermitteln, ob die Emanations- oder die Undulations-Hypothese des Lichts die richtige sey. Nach der ersten wird nämlich die Geschwindigkeit des Lichts beim Durchgange durch einen transparenten Körper vergrössert, nach der letzteren verringert. Liesse man also einen momentan, z. B. durch einen elektrischen Funken, entstehenden Lichtstrahl gleichzeitig durch eine lange Röhre mit Wasser und durch die freie Luft gegen den gedrehten Spiegel fallen, so müsste der Zeitunterschied der gespiegelten Bilder die Beschleunigung oder Verzögerung geben und hierdurch für die eine oder die andere Hypothese entscheiden. Mit Uebergehung der über dieses Problem gegebenen Berechnungen möge nur bemerkt werden, dass man bereits versucht hat, eine hierfür geeignete Maschine darzustellen, Versuche sind indess bisher noch nicht angestellt worden. Eine schätzenswerthe Darstellung der Lehre vom Lichte nach der Undulationstheorie hat Kunzek[2] geliefert.

Ueber den erwähnten Lichtschein oder vielmehr die Lichtfunken, die sich beim Krystallisiren einiger Salze zeigen, hat H. Rose[3] ausführliche Untersuchungen bekannt gemacht. Die Erscheinung ist keineswegs eine mit dem Krystallisationsprocesse stets verbundene, auch lässt sie sich, wenn man nicht eine genügende Uebung erlangt hat, nicht jederzeit selbst bei denjenigen Krystallen willkürlich hervorbringen, die sie am leichtesten zeigen; es ergiebt sich aber, dass sie nur dann eintritt,

---

de St. Petersb. 1844. Die Abhandlung selbst ist in den Memoiren der Soc. enthalten.

1 Compt. rend. T. VII. p. 954. Poggendorff Ann. Bd. XLVI. S. 28.

2 Die Lehre vom Lichte. Lemberg 1836. 8.

3 Poggendorff Ann. Bd. LII. S. 443. 585.

1 Taschenbuch für Scheidekünstler. 1787. S. 55. Vergl. Schweigger's Journ. Bd. XL. S. 271.
2 Crells' chem. Ann. 1786. Bd. II. S. 50.
3 Taschenbuch für Scheidekünstler. 1791. S. 54.
4 Journ. de Phys. T. XXXVI. p. 256.
5 Jahrbuch für Chemie u. Physik. Bd. X. S. 75.
6 Jahresbericht. 1823. S. 44.
7 Pharmaceut. Centralblatt für 1836. S. 400.
8 Compt. rend. T. XVIII. p. 289. T. XIX. p. 325. Poggendorff Ann. Bd. LXIII. S. 158.
9 BECQUEREL Traité de Physique etc. Par. 1844. T. II. p. 487.
10 Archives de l'Electric. T. I. p. 262.

positiven und ein festes Metall, z. B. Platin, zum negativen Pole nehmen, nur müssen beide sich vorher berührt haben und dadurch erhitzt seyn. Am passlichsten für diesen Versuch sind Stücke gut gebrannter Coaks, die man zwischen eine dreispitzige metallische Klemme fasst.

Zus. Für solche Personen, die des Athmens wegen nicht anhaltend blasen können, empfiehlt DANGER[1] eine Thierblase, in welche man die Luft durch ein mit einem Kegelventil verschliessbares Rohr bläst und die dann durch 4 Schnüre mit anhängenden Gewichten comprimirt wird. Bei gleichbleibendem Druck strömt die Luft mit gleichbleibender Geschwindigkeit anhaltend aus dem Blasröhrchen.

Zus. Neuerdings ist der Luftdruck nebst den daraus folgenden Anwendungen bestritten worden, und zwar nebst dem Drucke des Wassers von F. v. DRIEBERG[2] und von Dr. KLEE[3]. In der ersten Schrift wird der Druck des Wassers, mithin folgerecht auch aller tropfbaren Flüssigkeiten mit Einschluss des

---

1 Journ. de Pharm. 1829. Janv. p. 12.

2 Beweisführung, dass die Lehre der neuen Physiker von dem Drucke des Wassers und der Luft falsch ist u. s. w. Tausend Ducaten dem, der es vermag, des Verf. Beweise zu widerlegen. Berl. 1843. 8. 3te Aufl. mit 2000 Ducaten Preis. Ebend. 1844.

3 Prüfung der Lehre vom Drucke der Luft u. s. w. Mainz 1837. 8.

Quecksilbers, und der Luft ganz in Abrede gestellt, und der Grund der hiervon abgeleiteten Erscheinungen der Hauptsache nach in einem Abscheu der Natur gegen die gehäufte Leere gefunden. Der ausgesetzte Preis würde leicht zu gewinnen seyn, wenn der Verfasser nur die Competenz der Physiker anerkennen wollte, allein er erklärt sie alle für unwissend und stumpfsinnig, wenn sie nicht seine Ansicht theilen, was bei den Vertheidigern solcher naturwidriger paradoxer Sätze allezeit der Fall ist. Allerdings sind die Gesetze des Drucks der Flüssigkeiten zuerst aus den Erscheinungen entnommen und dann weiter entwickelt; wären aber die physikalisch-mathematischen Wissenschaften damals schon auf ihrem jetzigen Standpuncte gewesen, so bedurfte es deren nicht, weil sich alle jene Erscheinungen und Gesetze aus dem einfachen Axiom der Schwere und des Gewichts aller Materie mit mathematischer Schärfe ableiten lassen. Lege ich nämlich ein gewisses Volumen, es sey dieses ein Würfel, irgend einer schweren Flüssigkeit auf eine Waagschale, so muss es hiergegen drücken, und lege ich noch 1; 2; 3..n andere Würfel reihefolgend auf den ersten u. s. w., so muss der Druck zum 2; 3...n + 1fachen werden. Dass dann der 1ste, 2te....nte, mit Rücksicht auf seine Zusammendrückbarkeit, die über ihm befindlichen tragen müsse, also von unten nach oben einen dem Drucke aller höheren Würfel proportionalen Widerstand ausübe, folgt aus dem Princip der Undurchdringlichkeit der Materie. Nimmt man endlich das leicht nachweisbare Gewicht aller Flüssigkeiten, auch der schweren incoërcibeln, hinzu, sofern wirklichen Messungen gemäss ein leerer Ballon weniger wiegt, als ein mit irgend einer dieser Flüssigkeiten gefüllter, so hat man ein Princip, woraus alle hydrostatischen und aërostatischen Erscheinungen als nothwendig folgend abgeleitet werden können. Klee substituirt, statt des Luftdrucks, eine Anziehung der die Luft einschliessenden Wandungen. Ob eine solche wirklich existire, kann nur durch Erfahrung nachgewiesen werden, und hierauf eben beruft er sich; allein schulgerecht müsste er bei den gegebenen Erscheinungen erst die Wirkungen feststellen, die aus den oben angegebenen Principien nothwendig folgen, und wozu diese nicht hinreichen, das könnte von irgend einer andern Ursache, also auch der Anziehung, abgeleitet werden, wie dieses wirklich, namentlich für die Phänomene der Capillarität, geschieht. Ver-

führen die Gegner auf diese Weise, berechneten sie die nothwendig vorhandenen Grössen, so würden sie sich bald überzeugen, dass die Physiker in diesem rein physikalisch-mathematischen Gebiete nicht im Irrthume sind. Auf weitere Argumentationen einzugehen ist überflüssig, denn jene Hypothesen heben nicht bloss die hydrostatischen und aërostatischen Gesetze auf, sondern auch das erste Princip der mechanischen Naturlehre, die Schwere, und das aus ihr folgende Gewicht.

Luftballon. S. **Aërostat.** I. 230. Regierung desselben. 221. Rotation. 228. Geschwindigkeit. 229.

Luftbehälter der Vögel, Beförderungsmittel beim Fluge. IV. 467.

Luftblase. VI. 456. deren Form. 458. Dicke des einschliessenden Häutchens. 460. Bildung des Schaumes. 460. in Flüssigkeiten aufsteigende. 462. adhäriren an den Wandungen. I. 202. sind den Tropfen vergleichbar. IV. 1016. mit Geräusch aufsteigende. VIII. 740.

Zus. Eine analytische Untersuchung über die Gestalt und die Bewegung der in tropfbaren Flüssigkeiten aufsteigenden Luftblasen hat Theremin bekannt gemacht[1].

Luftelektricität. atmosphärische Elektricität. VI. 450. mittelst des elektrischen Drachens untersucht. II. 584. geschichtliche Notizen. VI. 465. Methoden, sie zu beobachten. 467. zu verschiedenen Tagszeiten. 470. Einfluss der Jahrszeiten. 473. der Beschaffenheit der Atmosphäre. 477. der Höhe 478. der Winde. 483. Elektricität der Nebel und Wolken. 484. der Niederschläge. 485. Einfluss der Gewitter. 489. Theorie. 491. Prüfung der Hypothese Erman's. 504. Prechtl's. 508. Configliachi's Widerlegung. 510. Wirkungen der Luftelektricität. 512. elektromagnetische Wirkungen derselben. 699. zeigt sich nicht in den Polargegenden. V. 769.

Zus. Gourjon theilte mir mündlich mit, dass die Luftelektricität vielfach mittelst der von ihm verfertigten empfindlichen Galvanometer beobachtet werde. Ausserdem will ich hier nur auf die sehr wichtigen Beobachtungen von Weekes[2] und auf die viel des Hypothetischen enthaltenden Untersuchungen von Peltier[3] verweisen. So eben ist aber eine sehr vollständige gediegene Abhandlung von F. Duprez[4] erschienen, worin nicht

1 Crelle Journ. für reine und angewandte Math. Th. V. S. 93 u. 374.

2 Sturgeon's Annals of Electricity T. V. p. 89.

3 Archives de l'Electricité. T. IV. N. 14. Compt. rend. an vielen Orten, z. B. T. I. p. 95. T. III. p. 145. T. X. p. 712. T. XII. p. 307.

4 Mém. couronnés et Mém. des Sav. Etrang. de l'Ac. Roy. des Sc. et Belles-Lettres de Bruxelles. T. XV. 1843. p. 1 ff.

nur die früheren Untersuchungen über diesen Gegenstand kritisch geprüft, sondern auch die Resultate eigener Beobachtungen mitgetheilt werden. Die Quelle der atmosphärischen Elektricität setzte man nach VOLTA und später nach POUILLET in die Verdampfung des unreinen Wassers; es scheint aber, als habe man diese Ursache nicht für wirksam genug erachtet, und nach neueren Versuchen PELTIER's[1] wird durch die Verdampfung an sich keine Elektricität entwickelt, was auch aus den neuesten Versuchen ARMSTRONG's und FARADAY's (s. **Elektricität**) hervorzugehen scheint, die DUPREZ noch nicht kannte. Es scheint mir indess, als lasse sich diese Quelle der Elektricität, wenn sie auch im Kleinen durch unsere Instrumente schwer nachweisbar ist, nicht wohl in Abrede stellen, da die durch Niederschläge des Dampfes in den Wolken erzeugte Elektricität so bestimmt für VOLTA's Hypothese entscheidet. POUILLET[2] glaubt daher, dass durch den Process der Vegetation und die damit verbundenen Gaszersetzungen gleichfalls Elektricität erzeugt werde, und beide Processe müssen daher in den verschiedenen Gegenden der Erde wechselnde Quantitäten Elektricität hervorbringen[3], eine Ansicht, welcher auch KÄMTZ[4] huldigt. Inzwischen hält DUPREZ, eben wie DE LA RIVE[5], diese Quellen nicht für genügend, den stets positiven elektrischen Zustand der Atmosphäre bei heiterem Wetter zu erklären den er vielmehr als Folge des Temperaturwechsels betrachtet, was schon früher durch RONAYNE (Bd. VI. S. 466) geäussert und durch die Versuche von BECQUEREL[6] und NOBILI[7], wonach die verschiedensten Körper durch Wärme elektrisch werden, bestätigt worden ist. Hiernach würde es also überflüssig seyn, zu PELTIER's unbegründeter Hypothese einer Wechselwirkung zwischen der stets negativ elektrischen Erde und dem stets positiv elektrischen Himmelsraume seine Zuflucht zu nehmen.

Die weiteren Angaben über die mit der Höhe zunehmende,

---

1 Compt. rend. T. II. p. 908. Ann. Chim. et Phys. T. LXXV. p. 330.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXV. p. 405.

3 Éléments de Phys. expér. 3me éd. T. II. p. 629.

4 Lehrbuch der Meteorologie. Bd. II. p. 411.

5 Essay historique sur l'Electricité. p. 140.

6 Ann. de Chim. et Phys. T. XLI. p. 372.

7 Biblioth. univ. T. XXXVII. p. 125.

mit den Tags- und Jahreszeiten wechselnde Luftelektricität sind grösstentheils im betreffenden Artikel mitgetheilt. Die positive Elektricität der Wolken lässt sich leicht erklären, wenn man annimmt, dass sie die in der Luft verbreitete anziehen, den negativ elektrischen Zustand derselben leitet aber LAMÉ[1] davon ab, dass eine höhere Wolke die negative Elektricität der unteren anziehe und daher ihre positive sich zerstreue, wogegen sich aber das Argument aufdringt, dass die untere hiernach um so mehr positiv seyn und beide Elektricitäten sich gleichmässig zerstreuen müssten. Nach BECQUEREL[2] sind die aufsteigenden Dämpfe theils positiv, theils negativ, wobei er, wie auch PELTIER[3], den negativ elektrischen Zustand der Erde zu Hülfe nimmt, sofern diese den sie berührenden und von ihr aufsteigenden Stoffen negative Elektricität mittheilen soll, woraus dann auch, wie BELLI[4] annimmt, der Wasserstaub der Cascaden negativ elektrisch werden soll. Indess möchte ich mit PFAFF die Erde vielmehr für neutral halten und ihren negativ elektrischen Zustand demnach nur als partiell durch den Einfluss der positiven Luftelektricität bedingt betrachten. In diesem Falle könnte sie den Körpern nicht eigentlich negative Elektricität von ihrem Ueberfluss hieran mittheilen, sondern wäre nur, wie jeder neutral elektrische Körper jedem andern, welcher die positive Elektricität der Atmosphäre angenommen hat, seine negative Elektricität zuwendet, gleichfalls durch Vertheilung oder im Wirkungskreise negativ elektrisch, und zwar wegen ihrer Grösse nur an einer verhältnissmässig kleinen Stelle. Erzeugt aber die Verdampfung in der Art Elektricität, dass der Dampf negativ und das rückbleibende Wasser positiv wird, so muss die Elektricität der Wolken nach VOLTA's einfacher und sachgemäser Ansicht wechseln, jenachdem die Verdampfung oder die Niederschlagung überwiegend ist. Die folgenden Untersuchungen von DUPREZ über den Wechsel der Luftelektricität bei den Niederschlägen enthalten nichts wesentlich Neues und sind hauptsächlich der Widerlegung der eigenthümlichen Hypothesen PELTIER's gewidmet. Zu den beachtenswerthen Versuchen

1 Cours de physique de l'école polytechnique. T. II. p. 80.

2 Traité de l'Electr. et du Magnét. T. IV. p. 121.

3 Compt. rend. T. XII. p. 307. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. IV. p. 414.

4 Bibl. univ. nouv. S. T. VI. p. 148.

endlich gehören noch die von STURGEON[1] mit dem elektrischen Drachen und die von BECQUEREL[2] in Verbindung mit BRESCHET auf dem St. Bernhard angestellten. Nach vorläufigen, mir zu Theil gewordenen Mittheilungen soll aus den neuesten, mit geeigneten Apparaten angestellten Beobachtungen hervorgehen, dass an freien Orten bei heiterem Wetter die Luft mit der Höhe zunehmend positive Elektricität zeigt, die auf der Erdoberfläche verschwindet oder $= 0$ wird. Neben Häusern und Bäumen zeigt sich dieses nicht, wie aus der hierdurch bewirkten Ableitung wohl nothwendig folgt. Diese stets sich wieder erzeugende Luftelektricität könnte sich dann füglich in den Wolken sammeln und scheint in der steten Verdampfung und der Erwärmung ihren Ursprung zu haben, wonach dann VOLTA's Hypothese durch Berücksichtigung der Mitwirkung der Thermoelektricität eine wesentliche Modification erhielte.

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XXX. T. V. p. 418.
2 Traité de l'Elect. et du Magn. T. IV. p. 110.

613. Smeaton's abgekürztes Barometer. 616. theoretisch bestimmte Wirkung. 618.

Zus. Die Schieberventile habe ich seitdem ausführen lassen und sehr brauchbar gefunden, so dass ich diesen einfachen Mechanismus für denjenigen halte, mittelst dessen sich am sichersten das stärkste Vacuum erhalten lässt; doch muss ich dem im Texte Gesagten zwei Berichtigungen hinzufügen. Zuerst zeigen sich die zweistiefeligen doppeltwirkenden zwar insofern vorzüglich, als sie ungemein schnell ein Vacuum geben, da es aber hauptsächlich auf stärkste Verdünnung ankommt, so ist es vortheilhaft, gegen Ende des Exantlirens die oberen Räume der Stiefel durch einen Hahn vom Teller der Luftpumpe abzuschliessen, weil es dem Künstler wohl unmöglich ist, die Stellung der Kolben so einzurichten, dass die zwei entgegengesetzten genau gleichzeitig den oberen und unteren Boden völlig berühren. Noch besser scheint es mir, der Einfachheit und des einzubringenden Oeles wegen, die doppelte Wirkung ganz aufzugeben. Was zweitens angegeben ist, dass man am besten mit Weglassung des Oels die Kolben bloss mit Pomade zu bestreichen habe, hat sich bei längerem Gebrauche nicht bewährt, vielmehr saugt das Leder das Fett ein, wird trocken und erschwert den Gang. Das Oel ist daher bei ledernen Kolben unentbehrlich, und wenn sie schwinden, so ist das Umwickeln mit ungezwirnter Posamentirseide das beste Mittel, ihre Dicke zu vergrössern, quellen sie aber, so dient Schachtelhalm zum Abschaben. Metallene Kolben verdienen auf jeden Fall den Vorzug, da bei ihnen ohnehin das Einreiben mit Pomade genügt.

Wesentliche Verbesserungen dieser Apparate sind seitdem nicht hinzugekommen; es können in dieser Beziehung bloss die Vorschläge von Mohr [1] und von Löwenthal [2] erwähnt werden, auch verfertigen einige Künstler in Paris vortreffliche Luftpumpen nach Babinet's Construction, welche vorzugsweise geeignet ist, die im schädlichen Raume zurückbleibende Luft bis auf ein Minimum der Verdünnung herabzubringen. Die Luftpumpe ist zweistiefelig; beide Stiefel stehen mit dem Recipienten durch einen etwas tiefer zwischen ihnen befindlichen Hahn in Verbindung, welcher mit 4 Oeffnungen so gebohrt ist, dass

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXII. S. 476.
2 Ebendas. Bd. XLI. S. 442.

der exantlirende Embolus das Vacuum zugleich unter der Campane und unter dem anderen, dann ruhenden, erzeugt. Dadurch breitet sich die im schädlichen Raume unter dem letzteren enthaltene Luft im anderen Stiefel aus, und die Verdünnung beginnt also beim Aufziehen des jedesmal gehobenen Embolus mit der bereits erreichten.

Luftpyrometer. S. **Pyrometer.** VII. 976.
Luftreiniger. S. **Ventilator.** IX. 1622.
Luftsäure. S. **Kohlensäure.** V. 910.
Luftschifffahrtskunde. S. **Aëronautik.** I. 219.
Luftspiegelung. S. **Strahlenbrechung.** VIII. 1155.
Luftständer bei Wasserleitungen. VII. 1432.
Luftthermometer. S. **Thermometer.** IX. 830. **Differentialthermometer.** II. 535. KINNERSLEY'S. VI. 621. X. 397. 406. MITSCHERLICH'S. X. 1111. von RIESS. 403 u. s. w.

Zus. In einer späteren Abhandlung [1] hat PETER RIESS genauere Nachweisungen über das durch KINNERSLEY 1761 [2] erfundene, von BECCARIA [3] unabhängig von jener Erfindung, wie er sagt, in abgeänderter Gestalt 1764 construirte, später durch SAXTORPH [4] und SNOW HARRIS [5] verbesserte Luftthermometer zum Messen der durch den elektrischen Strom erzeugten Wärme bekannt gemacht und diesem eine abermalige, durch Figuren erläuterte Beschreibung hinzugefügt. Zugleich weist er nach, wie man die erzeugte Wärme zu messen im Stande sey. POGGENDORFF giebt bei dieser Gelegenheit eine durch Zeichnung erläuterte Beschreibung des von ihm selbst sinnreich construirten und praktisch angewandten Luftthermometers. Apparate, bei denen die Luft durch Alkohol, Schwefeläther oder wohl am besten durch mit Iod gefärbten Schwefelkohlenstoff abgesperrt und also mit den Dämpfen dieser Flüssigkeiten gesättigt ist, sind wohl ohne Zweifel den empfindlichsten Thermoskopen beizuzählen.

Luftwaage so viel als Barometer. I. 759. X. 1.
Luftzug. I. 270.
Lunisolarpräcession. S. **Vorrückung der Nachtgleichen.** IX. 2143. 2155. 2164.
Lynkurer, ein elektrischer Stein. III. 315. IX. 1088.

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LII. S. 315.
2 Franklin's Experiments and Observations. 5th ed. p. 396.
3 Elettricismo artificiale. Torino 1772. p. 229.
4 Elektricitätslehre. Kopenh. 1803. S. 417.
5 Philos. Trans. 1827. p. 19.

M.

auf magnetisirten Stahl. 851. HANSTEEN's. 855. und KUPFFER's Versuche. 858. geprüft durch MOSER und RIESS. 865. Einfluss des Sonnenlichts auf den Magnetismus. 872. IV. 84. MORICHINI's Entdeckung. VI. 874. durch CONFIGLIACHI bestritten. 877. durch Lady SOMERVILLE. 881. und BAUMGARTNER bestätigt. 882. 899. durch RIESS und MOSER zur Gewissheit erhoben. 887. Einfluss des polarisirten Lichtes auf Stahlnadeln. 894. chemische Wirkungen des Magnetismus. 903. Magnetisirung des Stahls. 912. durch den Doppelstrich. 919. vierfacher Strich. 920. COULOMB's Verfahren. 925. KATER's Versuche. 927. Einfluss der Erwärmung. 929. Anwendung der Elektromagnete zum Streichen. 930. Einfluss der Beschaffenheit des Stahls. 931. Art desselben. 935. Härtung. 936. Umkehrung der Pole. 939. Methode des Streichens. 942. Beschaffenheit der Anker. 949. magnetische Apparate. 951. Compass. 952. Einfluss des Schiffseisens. 954. Compensation desselben. 959. Deklinatorium. 962. Magnetometer von GAUSS. 970. Inklinatorium. 981. Beobachtung der Neigung. 990. Intensität und deren Messung. 998. 1133. Einfluss der Wärme hierauf. 1012. Instrumente zum Messen der anziehenden Kraft der Magnete. 1014. Magnetometer von SAUSSURE. 1015. Magnetimeter von SCORESBY, HARRIS und MARK-WATT. 1016—1018. durch Magnete bewegte Maschinen. 1019. magnetische Spielereien. 1021. Magnetismus der Erde. Theorieen. 1023. L. EULER's. 1025. durch T. MAYER wieder aufgenommen. 1039. von BIOT und v. HUMBOLDT. 1040. von MOLLWEIDE. 1043. STEINHÄUSER. 1047. HANSTEEN. 1048. elektromagnetische. IX. 547. Bewegung der magnetischen Pole. VI. 1052. isoklinische Linien. 1058. isodynamische. 1060. Anwendung der Theorie auf magnetische Abweichung, Neigung und Kraft. 1064. Verbreitung des Magnetismus über der Erdoberfläche. 1079. magnetische Terrelle. 1082. Wesentliche Erscheinungen des tellurischen Magnetismus. Abweichung oder Variation, tägliche und jährliche. 1086—1111. (Vergl. **Abweichung.** I. 131.) Neigung der Magnetnadel. VI. 1111. Neigungscharten. 1117. Lage der Magnetpole. 1119. Veränderung der Neigung, regelmässige und unregelmässige. 1122. Intensität des tellurischen Magnetismus. 1132. Messung derselben, der horizontalen und verticalen Kraft und beider vereint. 1133. Einheit des Intensitätsmasses. 1135. Karte der isodynamischen Linien. 1139. periodische Veränderung der Intensität. 1141. jährliche Variation. 1143. tägliche. 1144. örtliche Einflüsse. 1145—1147. tellurischer. I. 30. 145. der Lage. 31. 34. dessen Wirkung auf elektrische Leiter. III. 572. chemischer oder Volta'scher. 474.

Zus. Um starke Magnete zu machen, hatte man vorgeschlagen, das Streichen mit kräftigen Elektromagneten zu vollführen; allein dieses Verfahren ist unbequem. Ein anderes, wonach man die Stahlmagnete mit Draht umwickelte, durch welchen ein kräftiger elektrischer Strom geleitet wurde, führte

gleichfalls nicht zu dem erwünschten Ziele, weil der Stahl weit schwieriger den Magnetismus annimmt, als weiches Eisen. Weit zweckmässiger ist der Vorschlag von P. ELIAS [1], nämlich den Stahlmagnet mit der Inductionsrolle gleichsam zu streichen. Zu diesem Zweck umwindet man eine Hülse von Holz oder Pappe mit geeignetem übersponnenem Kupferdrahte, leitet durch diesen den Strom einer kräftigen Säule, bewegt den zu magnetisirenden Stab oder das Hufeisen in der Hülse etlichemal hin und her, bringt zuletzt die Hülse in die Mitte des Magnets und öffnet dann die Kette, um nicht durch Abziehen der Hülse vom einen Ende den erzeugten Magnetismus wieder zu schwächen. Während des Streichens werden die Schenkel der Hufeisen mit einem Anker von weichem Eisen geschlossen und auf die Enden der Stäbe Stücke von weichem Eisen gelegt. Werden die Magnete etliche Male in der Hülse hin- und herbewegt, so erreichen sie in kurzer Zeit ihre volle Tragkraft, und man ist gegen die Erzeugung der Zwischenpole gesichert. Ueber das Verhalten der Magnete an sich ist nicht eben Bedeutendes hinzugekommen, desto mehr ist für den tellurischen Magnetismus geschehen, und zwar so viel, dass hier nur einige wenige Thatsachen und die wichtigsten Werke angegeben werden können [2].

Die Schwächung des Magnetismus der Stahlmagnete durch Wärme ist längst bekannt und neuerdings nebst der durch Stossen, Erschüttern und Drehen erzeugten von HALDAT ausführlich untersucht worden [3]. POUILLET will aber durch Versuche gefunden haben, dass das Eisen bei der Kirschrothhitze seine magnetische Anziehung verliert, Kobalt in dieser Temperatur noch nicht, Nickel bei 350° C., Chrom unterhalb der Rothgluth, Mangan bei — 20° [4]. FARADAY fand durch Versuche, jedoch mit reinen Metallen, dieses nicht bestätigt. Hiernach glaubt er, dass alle Metalle bei gewissen Temperaturen magnetisch und in ihrem Verhalten dem Eisen ähnlich werden, aber wir können die hierzu erforderlichen Temperaturgrade

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LXII. S. 249.

2 Dahin gehört vorzüglich die ausführliche Abhandlung in Dove's Repertorium der Physik. Bd. II. S. 129 ff.

3 Compt. rend. T. XVIII. p. 911.

4 Elémens de Phys. 2me éd. T. I. P. II. p. 89. 3me éd. T. II. p. 381.

nicht hervorbringen. Folgende Metalle, die er mittelst verdampfender schwefliger Säure unter dem Gefrierpunct des Quecksilbers erkaltete, zeigten keine Spur von Magnetismus: Arsen, Antimon, Wismuth, Kadmium, Kobalt, Chrom, Kupfer, Gold, Blei, Quecksilber, Palladium, Platin, Silber, Zinn, Zink. Eisen verliert seine magnetische Eigenschaft beim Hellrothglühen und verhält sich ganz wie andere Metalle, Nickel verliert seinen Magnetismus bei etwa 340° C. und diese Veränderung tritt sehr plötzlich ein. Stahlmagnete verlieren ihre polare Eigenschaft schon ungefähr bei 330° C., behalten aber die des Eisens dann bis zum Hellrothglühen bei, natürliche Magnete dagegen verlieren ihre Polarität erst nahe unter dem Puncte des sichtbaren Glühens, die Fähigkeit, als weiches Eisen zu wirken, aber erst bei starkem Hellrothglühen [1]. Dove hat die bisher bekannt gewordenen Versuche zur Ermittelung des Magnetismus der sogenannten unmagnetischen Metalle zusammengestellt und durch ein neues Verfahren, indem er Drähte der zu prüfenden Metalle (Quecksilber in Glasröhren) in Inductionsrollen brachte und versuchte, ob sie den Eisendrähten ähnlich auf die Magnetisirung von Stahlnadeln mittelst des durch den hierzu allein anwendbaren Flaschenfunken erzeugten Inductionsstromes wirkten, die Magnetisirbarkeit derselben erforscht. Hierbei fand er folgende Metalle in dieser Beziehung magnetisch: Kupfer stark, Zinn, Quecksilber, Antimon und Wismuth entschieden, Zink und Blei unbeträchtlich [2].

Einen sehr sinnreich ausgedachten Apparat, um den Unterschied zwischen einem Stahlmagnete und einem Elektromagnete anschaulich zu machen, hat Poggendorff [3] angegeben. Windet man einen mit Seide übersponnenen Kupferdraht um eine Glasröhre und verbindet man die Enden mit den Polen einer Volta'schen Säule, so hat man einen Elektromagnet mit zwei Polen, in welchem eine hineingesteckte feine Nähnadel in der Mitte schwebt, in einem hohlen Stahlmagnete dagegen, von nahe 4 Lin. Durchmesser und 3 bis 4 Zoll Länge, mit einer eingekitteten Glasröhre ausgefüttert, schwebt die hineinge-

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. XLVI. p. 177. Poggendorff Ann. Bd. XXXVII. S. 423.

2 Poggendorff Ann. Bd. LIV. S. 325.

3 Ebend. Bd. LII. S. 386.

steckte Nadel und steigt wieder in die Höhe, wenn man sie niederdrückt.

Die Theorie, wonach die Erde ein Elektromagnet, gebildet durch eine elektrische Strömung von Ost nach West, seyn soll, ist durch BARLOW vorzüglich bearbeitet worden[1].

Die Linie der geringsten Intensität, die nach der gewählten Bezeichnung der Grösse 0,8 zugehört, ist durch die Commandeurs der Schiffe der neuesten Südpolarexpedition, J. ROSS, JAMES CLARK und CROZIER wirklich aufgefunden worden. Sie beginnt für das Jahr 1825 unterhalb Trinidad in 30° W. L. von G. und 22° S. B., läuft durch 20° W. L. und 24°,5 S. B., schneidet unter 18°,5 W. L. in den Parallel 25° ein, senkt sich etwas unter diesen hinab, bis sie aufwärts gehend ihn in 13° W. L. abermals schneidet und dann durch 10° W. L., 24°,5 S. B. und 5° W. L., 23°,5 S. B. bis 0° L., 21°,5 S. B. gelangt[2].

---

1 On the probable electric origin of all the phenomena of terrestrial Magnetism. By P. BARLOW. Lond. 1831. 4.

2 SABINE's Bericht in Phil. Trans. 1842. P. I. p. 9. Die mir noch nicht bekannt gewordene Reise des Cap. JOHN ROSS, die Beschreibung der Südpolarexpedition auf den Schiffen Erebus und Terror, enthält sehr viel Wichtiges über den tellurischen Magnetismus. Ebenso: Voyage autour du monde entrepris par ordre du Roi, par LOUIS DE FREYCINET. Magnétisme terrestre. Par. 1842. gr. 4. Das VIII. Cap. enthält eine Uebersicht der Bestimmungen der Lage des magnetischen Aequators von den ältesten bis zu den neuesten Zeiten. Noch wichtiger ist L. DUPERREY Voyage autour du Monde etc. Hydrographie. Par. 1829. Eine Charte enthält die Lage des magnetischen Aequators. Die vollständige Bearbeitung des tellurischen Magnetismus ist mir noch nicht zu Gesicht gekommen, einen kleinen Beitrag aber bilden die aus FREYCINET's Messungen durch DUPERREY berechneten Intensitäten (Compt. rend. T. XIX. p. 445); aus den Beobachtungen beider Reisenden sind die magnetischen Charten entstanden, welche zum Atlas des folgenden Werkes gehören: BECQUEREL Traité expérimental de l'Electricité et du Magnétisme. T. VII. Par. 1840. Ferner sind zu beachten: J. LAMONT Annalen der Meteorologie und des Erdmagnetismus. München 1842 (wird fortgesetzt). Dessen: Bestimmung der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus nach absolutem Masse. München 1842. 4. Observations météorologiques et magnétiques faites dans l'Empire de Russie etc. par A. T. KUPFFER. Petersb. 1837. kl. Fol. Annuaire magnétique et météorologique du Corps des Ingénieurs des Mines de Russie. 1837. kl. Fol. Für 1842. II. Vol. kl. Fol. Vor allen andern aber, als eine Sammlung der gediegensten Abhandlungen

Quetelet [1] fand durch wiederholte Messungen der Deklination und Inklination zu Brüssel, dass beide gegenwärtig zurückgehen, denn es ergab sich:

Jahr	Monat	Deklination	Inklination
1827	October	22° 28′,8	68° 56′,5
1830	Ende März	25,3	52,6
1832	desgl.	19,0	49,1
1833	desgl.	13,4	42,8
1834	3. 4. April	15,2	38,4
1835	25. 28. März	6,7	35,0
1836	21. 22. März	7,6	32,2

Eben dieses geht aus den neuesten Beobachtungen Lamont's unverkennbar hervor.

Ueber den Ursprung des tellurischen Magnetismus, welchen man nach Barlow und Ampère als ein Erzeugniss elektrischer Ströme betrachtet, welche in der Richtung von Ost nach West die Erde umkreisen sollen, aber bisher nicht nachweisbar waren, hat Becquerel [2] ausführliche Untersuchungen angestellt. Im Wesentlichen bemerkt er zuerst, dass zwar durch die verschiedenen, namentlich metallischen, Bestandtheile in der Erdkruste wohl elektrische Strömungen entstehen könnten, zugleich aber durch zwischenliegende, namentlich quarzige, Schichten unterbrochen werden müssen, ohne die erforderliche Continuität zu geben. Gegen die in den Minen von Cornwallis angestellten Versuche wendet er ein, dass die bei den verschiedenen Lagern wahrgenommene Elektricität nicht sowohl durch die Verbindung

---

über den Magnetismus: Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1836. Von Carl Friedrich Gauss und Wilhelm Weber. Für jedes Jahr ein Heft. Wird fortgesetzt. Dazu: Atlas des Erdmagnetismus nach den Elementen der Theorie entworfen. Von denselben. Leipz. 1840. gr. 4. Magnetische Beobachtungen findet man unter andern von Quetelet in den Memoiren der Akademie zu Brüssel, von Nervander in Bullet. scient. de l'Acad. de Petersb. T. IX. N. 205, von Kreil in: Osservazioni sull' intensità e sulla direzione della forza magnetica institute negli anni 1836, 1837, 1838. al c. r. osservatorio di Milano da C. Kreil e P. della Vedora. Milano 1839. Magnetische und meteorologische Beobachtungen zu Prag von C. Kreil. Jahrg. 1—4. Prag 1841—1844; von Aimé neunmonatliche zu Algier in Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. X. p. 221 und viele andere.

1 L'Institut. 1836. N. 137. p. 151.

2 Compt. rend. T. XIX. p. 1052.

derselben unmittelbar, sondern vielmehr, mindestens theilweise, durch die Kupferbleche erzeugt seyn könne, die man auf den verschiedenen Schichten festnagelte und unter sich mit einem Multiplicator verband. Ein Haupthinderniss, um auf diesem Wege zur Erforschung der Wahrheit zu gelangen, findet er in der noch theilweise fortdauernden Anhänglichkeit an die Contacttheorie. Daher wählte er bei seinen Versuchen in den Salzminen zu Dieuze, auf dem Mer de Glace zu Montanvert über dem Chamounithale und bei den Bädern zu Aix in Savoyen möglichst gleiche Platinbleche, die mit den Drähten eines empfindlichen Multiplicators verbunden waren und mit den verschiedenen Lagern in Berührung gebracht wurden. Als Hauptresultat geht aus den Versuchen hervor, dass allerdings durch die verschiedenen Lager der Erdschichten elektrische Ströme erzeugt werden, jedoch nur dann, wenn sie von Flüssigkeit durchdrungen sind, weswegen Becquerel sie als Folge des Chemismus betrachtet. Man übersieht aber bald, dass hierdurch im Wesentlichen gar nichts gewonnen ist, denn die Ströme wurden zu Cornwallis so gut als hier gefunden, ihr Ursprung ist aber gleichgültig, wenn sie nur überhaupt vorhanden sind; dass aber Platinbleche, wenn auch anscheinend ganz gleiche, ebensowohl in Berührung mit salzigem und unreinem Wasser elektrische Ströme erzeugen, als Kupferbleche, ist durch Schröder's und andere Versuche erwiesen. Ueberhaupt konnte die Existenz elektrischer, durch die Verbindung so heterogener Lager, als sich in der Erdkruste finden, erzeugter Ströme wohl nicht zweifelhaft seyn, doch bleibt es immer verdienstlich, ihre Existenz factisch nachzuweisen. Da ihre Richtungen aber, wie auch Becquerel fand, ebensowohl die der Meridiane als der Parallele haben, sich oft durchkreuzen und entgegengesetzt strömen, auf jeden Fall endlich, durch grosse Meeresstrecken gehindert, die Erde nicht regelmässig von Ost nach West umkreisen, so können sie auch den magnetischen Südpol im Norden nicht erzeugen, und man muss daher eine andere Quelle aufsuchen, weswegen man auch aus diesen und anderen Gründen den tellurischen Magnetismus aus thermoelektrischen Strömen abzuleiten unlängst bedacht gewesen ist.

Zus. Durch Versuche, welche DE LA RIVE mit einer magnetoelektrischen Maschine anstellte, fand er unter anderm, dass zur Zerlegung einer gegebenen Quantität Wasser eine geringere Menge von Umdrehungen erfordert wird, wenn diese schneller auf einander folgen. Die Grenze, welche dieses haben muss, ist nicht bestimmt [1]. Die Haupttendenz der Abhandlung, nämlich zu zeigen, dass das Verhalten des magnetoelektrischen Stromes ein anderes sey, als der aus sonstigen Quellen entsprossenen Ströme, dass sich daher jener von diesen durch eigenthümliche Modificationen unterscheide, veranlasste eine gründliche Widerlegung durch LENZ, welcher zeigte, dass alle Wirkungen dieser Ströme, mit Rücksicht auf den steten Wechsel ihrer Richtung, dem allgemeinen durch OHM und FECHNER aufgestellten Gesetze unterworfen seyen, mithin keine Eigenthümlichkeit der sie erzeugenden Elektricität stattfinden könne [2]. Dieses zog dann eine neue ausführliche Abhandlung DE LA RIVE'S nach sich, in deren erstem Theile er die ihm gemachten Einwürfe zu beseitigen sucht, indem er namentlich die allgemeine Gültigkeit des Ohm'schen Gesetzes in Abrede stellt, im zweiten aber die Resultate neuer Versuche über die Eigenschaften der discontinuirlichen und abwechselnd entgegengesetzt gerichteten Ströme beim Durchgange durch metallische und flüssige Leiter mittheilt. Einiges

1 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève. T. VIII. Poggendorff Ann. Bd. XLI. S. 152. Bd. XLV. S. 163. 407.

2 Bulletin de l'Acad. de St. Petersb. T. V. Poggendorff Ann. Bd. XLVIII. S. 385.

aus dieser Abhandlung ist bereits oben (s. **Leitung**) erwähnt worden [1].

Man hat an den magnetoelektrischen Maschinen einige Veränderungen angebracht, jedoch sind keine eigentlich wesentliche Verbesserungen bekannt geworden, und die Künstler, die so viele derselben sehen und selbst verfertigen, haben sich die Regeln zur besten Construction derselben abstrahirt. Es war indess verdienstlich von Lenz, dass er es unternahm, diese Regeln bestimmt festzustellen. Er legte dabei die Clarke'sche Maschine zum Grunde, bei welcher der Magnet vertical steht, der horizontale Anker aber mit seinen beiden Trägern der Spiralen sich neben den flachen Schenkeln desselben dreht, statt dass bei der Ettingshausen'schen die Stellung dieser Theile die umgekehrte ist. Wir bleiben bei der ersten stehen, da sich die Anwendung auf die letzte leicht machen lässt. Haben hiernach die mit Draht umwickelten Zapfen des Ankers eine horizontale Stellung, so werden sie magnetisch, verlieren aber diesen Magnetismus durch eine Drehung von 90°, nehmen dann bei 180° wieder Magnetismus an, aber den entgegengesetzten, verlieren ihn bei 270° wieder, und so fort. Eine Hauptfrage, deren Beantwortung Lenz durch allmäliges Drehen ermittelte, betraf die Stellung, in welcher die Induction am stärksten ist, und er fand diese bei der verticalen Stellung der Zapfen, was Clarke gleichfalls gefunden hat, weswegen Letzterer die Unterbrechung *(break)* so einrichtete, dass sie genau bei dieser Stellung, und zwar vollständig eintritt, um bei schneller Drehung zugleich die Wirkung des primären und secundären Stromes zu erhalten. Die Länge und Dicke der Zapfen des Ankers im Verhältniss zur Stärke des Magnets wäre gleichfalls ein der näheren Bestimmung werther Gegenstand, allein Lenz meint, es müsse hierzu erst eine grössere Menge Erfahrungen vorhanden seyn, da man bisher bloss grosse Kraft der Magnete neben grosser Weichheit und möglichster Gleichförmigkeit des Eisens als vortheilhaft erkannt habe. Dagegen gelangt er durch Zugrundlegung der Gesetze des Leitungswiderstandes, welcher für das Glühen eines Platindrahtes am geringsten, für die Erschütterung des Nervensystems am stärksten seyn muss, für Wasserzersetzung aber

---

1 Archives de l'Electricité. Poggendorff Ann. Bd. LIV. S. 231. 378. 477.

zwischen beiden nahe in der Mitte liegt, zu folgenden Bestimmungen der Dicke der Drähte für die drei gegebenen Fälle. Sind zuerst Anfänge und Enden beider Drähte vereint, wonach also beide inducirte Ströme neben einander laufen, so sind die Durchmesser der Drähte = 0,58; 0,16 und 0,039 engl. Lin., sind aber zweitens beide Spiralen vereint, so dass der Strom die ganze Drahtlänge (wie sich von selbst versteht, in beiden Fällen zugleich den Widerstand leistenden Körper) durchlaufen muss, so sind die Durchmesser = 0,85; 0,23 und 0,058 engl. Linien. Die Durchmesser des Drahtes beider Spiralen der gebrauchten Maschine, welche ausgezeichnete Wirkungen zeigte, waren 0,6 und 0,05 Lin., was den gefundenen Bestimmungen sehr nahe kommt. Endlich haben Kupferdrähte, wenn man Leitungsvermögen und Preis zugleich berücksichtigt, vor allen andern den Vorzug [1].

Die gewiss von vielen Physikern aufgeworfene Frage, ob bei den magnetoelektrischen Maschinen Drahtbündel einen Vorzug vor den massiven Eisencylindern haben, die in den Inductionsrollen stecken, hat Dove durch eine grosse Reihe von Versuchen beantwortet. Für diesen Zweck construirte derselbe statt des eisernen Ankers seiner Saxton'schen, der Ettingshausen'schen ähnlich gebauten, Maschine einen hölzernen mit zwei Inductionsrollen, in welche massive Eisencylinder oder Drahtbündel, letztere von ungleich dicken Drähten, so dass deren 44 bis 310 vereinigt wurden, gesteckt werden konnten. Ein besonderer Mechanismus verstattete, die Drähte beider Spiralen zu vereinigen oder jeden einzeln wirken zu lassen und im letzten Falle beide Ströme in gleicher oder entgegengesetzter Richtung zu erhalten. Im letzteren Falle mussten sich ihre Wirkungen um gleiche Grössen einander aufheben, und es war hierdurch das beste Mittel gegeben, ihre Ungleichheit zu prüfen. Es ergab sich dann, dass Drahtbündel für solche Maschinen nicht geeignet sind [2].

Die magnetoelektrischen Maschinen haben vor allen andern, zur Erzeugung elektrischer Ströme dienenden, den grossen Vorzug, dass sie unabhändig von äusseren Einflüssen und ohne

---

1 Bullet. de la Soc. de St. Petersb. T. IX. p. 78. Poggendorff Ann. Bd. LVII. S. 241.

2 Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 268.

Kostenaufwand für Säuren u. s. w. jederzeit angewandt werden können, und es lassen sich daher noch weitere Verbesserungen derselben durch die Bemühungen denkender Künstler erwarten. Die neueste, ihnen zu Theil gewordene, rührt von E. Stöhrer [1] her, welcher ihre Wirksamkeit dadurch verdreifachte, dass er drei Magnete vereinigte und mit sechs Inductionsrollen versah. Da diese Maschine mit aufrecht stehenden Magneten, zwischen denen sich der verticale Anker dreht, auch ausserdem sehr sinnreich construirt ist, so lässt sich erwarten, dass sie wegen ihrer wahrhaft überraschenden Wirkungen bald die bisher bekannten verdrängen wird. Auf welche Weise die Wirkungen derselben nach absolutem Masse sich bestimmen lassen, hat W. Weber [2] gezeigt, woraus sich ergiebt, dass diese zwar den durch hydroelektrische Ketten erreichbaren stets nachstehen werden; da die ersteren aber einen 12 Millim. langen, 0,25 Millim. dicken Platindraht zum heftigsten Glühen bringen, in 110 Secunden 1 Kubikzoll Knallgas geben, den Lichtstrom zwischen Kohlenspitzen zeigen und ihre physiologischen Wirkungen weit über die Grenze des Erträglichen hinausgehen, so gebührt ihnen aus den oben erwähnten Gründen für viele praktische Anwendungen, namentlich zum medicinischen Gebrauche, ein entschiedener Vorzug.

Zus. Der südliche Magnetpol ist gleichfalls aufgefunden worden. Sehr nahe kamen ihm bereits d'Urville und Wilkes, noch näher aber Ross bei der jüngsten englischen Südpolarexpedition. Nach des Letzteren Bestimmung liegt er auf Victoria-Land unter 75° 6′ s. B. und 154° 10′ östl. L. von Greenwich.

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LXI. S. 417.

2 Ebendas. S. 431.

Zus. Nach einer Mittheilung des M. de Macedo, Secretairs der Akademie zu Lisboa, an das französische Institut zu Paris sind nach einem Gesetze vom 24. April 1835 alle portugiesische Masse neu regulirt worden. Dabei liegt die durch ein Gesetz des Königs Don Sebastian vom Jahre 1575 bestimmte Grösse der Vara zum Grunde, jedoch wird die Linha nicht in 10, wie (Bd. VI. S. 1387) angegeben worden ist, sondern in 12 Puntos getheilt. Die übrigen Grössen sind die daselbst angegebenen, nur ist ihr Verhältniss zu den französischen zweifelhaft, da sie nicht unter einander übereinstimmen [1].

Puissant wollte gefunden haben, dass die legale Bestimmung des Meters unrichtig sey und dasselbe nicht den 10millionsten Theil des Erdquadranten ausmache [2]. Da diese Grösse von der Abplattung abhängt und diese nicht mit absoluter Schärfe bestimmt ist oder überhaupt bestimmt werden kann, so lässt sich auch hierüber nicht entscheiden. Das Normalmeter ist also das zu Paris befindliche, und ebenso die dortigen übrigen Etalons, gegen deren absolute Richtigkeit, namentlich in Beziehung des specifischen Gewichts des Kilogramms von Platin, Zweifel erhoben worden sind. Inzwischen bleiben die gesetzlichen Bestimmungen in Kraft. Ueberhaupt ist durch die von Frankreich ausgegangenen Gradmessungen, die dem Masssystem zum Grunde liegen, eben wie durch die dort zuerst gezeigte Bearbeitung dieser Aufgabe, der Wissenschaft unglaublich viel genützt, und diese Verdienste werden ewig anerkannt werden; allein in unmittelbarer Beziehung auf ein unveränderliches Urmass ist jetzt wohl nicht mehr zweifelhaft, dass die Länge des einfachen Secundenpendels sicherer, leichter und überhaupt geeigneter hierzu gewesen wäre,

---

1 L'Institut. 1836. N. 144.
2 Ebend. N. 136. p. 139. N. 138. p. 154.

als ein aliquoter Theil des Erdquadranten, da man letzteren ganz zu messen nicht vermag und die Ungewissheit der Abplattung sowohl, als auch die Abweichungen vom regelmässigen Sphäroide absolut scharfen Bestimmungen unübersteigliche Hindernisse entgegenstellen.

Unterdess ist die Arbeit einer zu Petersburg ernannten Commission veröffentlicht worden, welche der bekannten französischen an Gediegenheit mindestens vollkommen gleicht, alle andere metrologische Bemühungen aber weit hinter sich lässt [1]. Hierin sind die Methoden und Apparate beschrieben, welche zur genauen Regulirung der russischen Masse und Gewichte dienten, namentlich ein Comparateur von mehr Solidität und grösserer Genauigkeit, als der oben (Bd. II. S. 175) beschriebene, und es verdient daher dieses alles für künftige Arbeiten ähnlicher Art beachtet zu werden. Ausserdem sind die russischen Massbestimmungen mit den wichtigsten anderer Staaten, über deren wahre Grösse die Commission sich durch Gesandten und Consuln die sicherste Auskunft zu verschaffen wusste, genau verglichen worden. Da diese Bestimmungen aber volles Vertrauen verdienen, so ist es erforderlich, die in unserm Werke gegebenen hiernach zu verbessern, was am besten in der gewählten Reihenfolge geschehen kann. Dadurch erhalten dann auch die etwa unrichtigen Bestimmungen die nöthige Verbesserung.

1) Aegypten. S. 1236. Ein Flächenmass ist Fidan von 333⅓ Cassabeh Umfang. Eine Wegstunde heisst Maragha und enthält 16 Derege; ein geographisches Mass giebt es nicht. Für trockne Sachen haben sie das Ardep von Rosette, welches in 12 Rub's, das Rub in 4 Kadah getheilt wird; das Mass der Flüssigkeiten ist die Oka von 400 Drachmen. Die dortigen Gewichte sind Derhem oder Drachme, das in 24 Kirrat, das Kirrat in 4 Grair's getheilt wird. Das Miskal hält 1,5 Drachmen; das Rotl anlangend beträgt das grosse zu Cairo 324 Drachmen, das im Handel übliche daselbst 150, in andern Städten 105 Drachmen. Die Oka hält gewöhnlich 400 Drachmen, im Handel 420. Der Kantar (Centner) ist ausnehmend verschieden, hält meistens 45 oder bei roheren Waaren

1 Travaux de la Commission pour fixer les mesures et les poids de l'Empire de Russie. Rédigés par A. Th. Kupffer. 2 Voll. gr. 4. 1 Vol. fol. Figuren. Petersb. 1841.

54 Oka's. Zur Vergleichung dient Folgendes. Eine russische Arschine = 1,05049 Pyk-Stambuli und = 1,11778 Pyk-Endazeh = 1,26044 Pyk-Masri oder Pyk-Beledi. Jedes Pyk wird in 24 Kirrat oder Qyrat getheilt. Begreiflich gelten dort auch die türkischen Massbestimmungen.

Ueber die im Wörterbuche nicht enthaltenen türkischen Massbestimmungen theilt KUPFFER folgende Angaben mit. Die türkische Oka = 1 Pfund 13 Solotnik 35 Doli wird getheilt in 4 Tcheki oder 400 Drachmen. Der Cantaro oder Centner enthält 44 Okas oder 100 Rotls, der Cantaro Baumwolle 45 Okas. Der Tcheki Kameelgarn hält 800 Drachmen, von Opium 250, der Taffé Seide von Brussa 610 Drachmen, der Batman 6 Okas. Die türkische Endazeh (Elle) wird in halbe, Viertel und Sechzehntel getheilt, und 1 russ. Arschine = 1,08985 Endazeh; die Pyk oder Pic von Constantinopel hat dieselbe Eintheilung, und 1 Arschine = 1,04099 Pyk. Einige anderweitige Bestimmungen dieser und verwandter Masse habe ich am Ende dieser Nachträge beigefügt.

2) England. S. 1298. Hier ist irriger Weise die Theilung des englischen Zolls in 12 Linien angenommen worden, statt dass er nur in 10 Theile, auch Linien genannt, getheilt wird. Dadurch werden die beiden ersten Columnen der untersten Tabelle auf S. 1298 falsch, die richtigen Grössen erhält man aber, wenn auf den beiden folgenden Lin. und Millim. statt Zoll und Centim. gesetzt werden. Die mittlere Tabelle auf S. 1299 muss aber in folgende abgeändert werden:

Metrisches und englisches Längenmass.

Millim.	Lin.	Centim.	Z.	Lin.	Decim.	F.	Z.	Lin.
1	0,394	1	—	3,937	1	—	3	9,371
2	0,787	2	—	7,874	2	—	7	8,742
3	1,181	3	1	1,811	3	—	11	8,112
4	1,575	4	1	5,748	4	1	3	7,483
5	1,969	5	1	9,685	5	1	7	6,854
6	2,362	6	2	3,622	6	1	11	6,225
7	2,756	7	2	7,560	7	2	3	5,596
8	3,150	8	3	1,497	8	2	7	4,966
9	3,543	9	3	5,434	9	2	11	4,337
10	3,937	10	3	9,371	10	3	3	3,708

3) Wiener Masse. Die Bd. VI. S. 1313 angegebenen Längenmassse sind die noch jetzt geltenden gesetzlich bestimmten. Es ist aber aus einer Abhandlung von STAMPFER[1] Folgendes nachzutragen. Nach einem Patent der MARIA THERESIA vom 14. Juli 1756 wurden Mass-Originale hergestellt und in den Archiven niedergelegt. Im Jahre 1860 erhielt LIESGANIG eine französische Toise aus Paris, verglich diese mit der Wiener Klafter und fand die Toise gleich 1,02764 Wiener Klafter, eine Bestimmung, welche VEGA 1702 völlig genau fand. Am 23. Dec. 1813 wurde in Gegenwart von TRIESNEGGER, BÜRG und v. WIDMANNSTÄTTEN eine abermalige Prüfung vorgenommen und jener Etalon durch Decret vom 20. April 1816 als Urmass der Wiener Klafter bestätigt. Nach einer nochmaligen Untersuchung und Vergleichung einer halben Wiener Klafter mit einem Meter zu Paris durch PRONY setzt STAMPFER 1 Wiener Klafter = 1,8966657 Meter als wahrscheinlich genauestes Verhältniss, und da dieses von dem im Wörterbuche angenommenen = 1,896614 nur um + 0,0000517 abweicht, so können die Bestimmungen ungeändert bleiben.

4) Russische Masse. Da diese nach den englischen bestimmt sind, die Aufgabe der Commission aber nur dahin ging, diesen Bestimmungen gemäss genaueste Normalgrössen anzufertigen, so konnten hieraus keine bedeutenden Abweichungen von den im Wörterbuche mitgetheilten Grössen hervorgehen. Es ist daher nur Folgendes zu bemerken. Nach genauester Wägung wiegt ein Russ. Kubikzoll reines Wasser bei $13\frac{1}{3}^0$ R. im leeren Raume 368,361 Doli, und das Russische Pfund gleicht unter den nämlichen Bedingungen 25,01893 Kubikzoll reines Wasser. Für das Längenmass ist nachzutragen das Werschok, deren 16 auf eine Arschine gehen und welches daher 1,75 Zoll beträgt. Neben dem Handelspfunde, welches in 32 Lth., das Lth. in 3 Solotnik, das Solotnik in 96 Doli getheilt wird, wonach also das Pfund 9216 Doli beträgt, existirt das Medicinalpfund, welches zu $\frac{7}{8}$ des Handelspfundes, also = 8064 Doli bestimmt ist. Das normale Flüssigkeitsmass Wedro von 30 ℔ Wasser bei $13\frac{1}{3}^0$ R. enthält nach der neuesten Bestimmung 750,57 Kubikzoll Wasser; das halbe Wedro also 15 ℔ oder 375,29 K. Z., das Zehntel Wedro oder der Kruschke hält 3 ℔ oder

1 Jahrb. des polyt. Instituts. Bd. XX. S. 145.

75,06 K. Z. Wasser und der halbe Kruschke oder Polukruschke ein Zwanzigstel Wedro 1,5 ℔ oder 37,53 K. Z. Wasser. Von den Trockenmassen enthält das Tschetwert oder Tschetwerik 64 ℔ Wasser oder nach der neuen Bestimmung 1601,22 K. Z. Wasser. Durch Halbiren erhält man das halbe Tschetwert = 32 ℔, das Viertel Tschetwert oder die Tschetwerka = 16 ℔ und das Achtel Tschetwert oder das Garnitz = 8 ℔. Hieraus ergeben sich dann folgende Verbesserungen für die im Wörterbuche berechneten Vergleichungstabellen der russischen Masse und Gewichte mit den englischen und französischen:

a) Die Arschine ist angenommen 0,711203 Met.
beträgt 0,711182 „
Unterschied + 0,000021

b) Das Pfund ist angenommen 1 ℔ 1 oz. 3 dwt. 3 gr. Troy
beträgt 1 „ 1 „ 3 „ 8 „
Unterschied — 5 gr.

c) Das Pfund ist angenommen 409,2713 Gramm.
beträgt 409,5174 „
Unterschied — 0,2461 Gramm.

Die unbedeutenden Unterschiede der Flüssigkeits- und Trockenmasse ergeben sich aus der Vergleichung der hier nachgetragenen und den im Wörterbuche enthaltenen Bestimmungen.

5) Masse der deutschen Staaten sind, ausser den im Wörterbuche enthaltenen, im genannten Werke noch verschiedene mitgetheilt, wobei zu bemerken, dass der russische Fuss dem englischen gleich ist:

Der russische Fuss = 1,05383 Bremer Fuss
= 0,76433 Casseler Ruthenfuss
= 1,05932 „ Werkfuss
= 1,05932 Lübecker Fuss
= 1,00621 Nürnberger Fuss
= 1,07585 Dresdener Fuss.

Die russische Arschine = 1,22954 Bremer Elle
= 1,24863 Casseler Elle
= 1,23590 Lübecker Elle
= 1,25806 Dresdener Elle.

Der Lübecksche Centner hält 112 ℔, das ℔ = 2 Mark

oder 32 Lth. oder 96 Quentchen oder 512 Richtpfennigtheile und gleicht 1 ℔ 17 Sol. 60,32 Doli.

Der Leipziger Centner hält 110 ℔, das ℔ hält 32 Lth. = 128 Quentchen = 512 Pfennige und beträgt 1 ℔ 3 Sol. 48,95 Doli.

6) *Italienische Masse.* Ueber die Massbestimmungen in Neapel (S. 1385) ist ein Werk erschienen, nämlich: De la Restituzione del nostro sistema di misure, pesi e moneti alla sua antica perfezione dal Commendatore Carlo Afan de Rivero. Napoli 1838. Die hierin enthaltenen Bestimmungen sind vermöge Ordonnanz vom 6. April 1840 für das Königreich beider Sicilien angenommen worden. Hiernach ergeben sich folgende nicht grosse Verbesserungen. Die Länge des *Palmo* ist = 0,264545 Meter oder noch schärfer der 7000ste Theil einer Minute des mittleren Meridiangrades, was der Berechnung nach 0,264569418 Meter und 1 Meter = 3,779726 Palmi geben würde. 7000 Palmi geben ein *Miglio*, deren 60 auf einen Grad gehen sollen, 10 Palmi die *Pertica* oder die *Canna*, die also nicht mehr 8 Palmi halten würde, um die Decimaleintheilung zu haben. Für das Feldmass dient der *Moggio* von 10000 Quadrat-Palmi. Die Einheit des Gewichts ist der *Rottolo* mit Decimal-Unterabtheilungen, so dass das *Trappeso* den tausendsten Theil macht; 100 Rottoli geben den *Cantaro*. Der Rottolo ist = 0,890997 Kilogramm, doch sollen die alten Gewichtsbestimmungen noch in den Apotheken beibehalten werden. Für trockene Substanzen dient der *Tomolo* von 3 Kubik-Palmi, welcher in 2 *Mezzette* oder 4 *Quarti* oder 24 *Misure* zerfällt; die Misura enthält also eine halbe Kubik-Palme. Für Flüssigkeiten dient der *Barile*, ein Cylinder von 1 Palmo Durchmesser und drei Palmi Höhe, der in 60 *Caraffe* getheilt wird; 12 Barili geben die *Botla*, einen Cylinder von 3 Palmi Durchmesser und 12 Palmi Höhe. Zu den Längenmassen in Rom (S. 1386) gehört der *Passetto* der Baumeister von 3 Palmen, welcher 26,362 russ. Zoll gleicht. Der sicilische Fuss = 10,184 russ. Zoll; der venetianische Fuss = 13,672 russ. Zoll wird in 12 *Uncie* oder Zoll, der Zoll in 12 Lin. getheilt; 5 Fuss machen 1 *Passo* und 1000 Passi eine Meile. Ausserdem gilt daselbst der *Braccio a Seta* = 25,08625 und der *Braccio di Lana* = 26,8695 russ. Zoll. Die Elle (*Braccio*) von Mailand = 23,387 russ. Zoll wird in 12 Zoll, der Zoll oder die Uncia

in 4 Quarti, der Quarto in 4 Atomi getheilt. Das grosse Pfund zu Mailand wird in 25 Unzen, die Unze in 24 Denari abgetheilt, und 1 russ. ℔ ist = 0,53663 dieses grosssen Pfundes; das kleine Pfund aber wird in 12 Unzen, die Unze in 24 Denari getheilt, und 1 russ. ℔ ist = 1,25228 dieses Pfundes. Das Handelspfund in Ragusa wird in 12 Unzen, die Unze in 10 Drachmen getheilt, 1 russ. ℔ ist = 1,09476 dieses Pfundes; das Handelspfund in Sicilien wird in 12 Unzen, die Unze in 24 Denari getheilt, und 1 russ. ℔ ist = 1,28354 dieses Pfundes. Die Libbra grossa von Venedig hält 12 Unzen, die Unze 192 Carat und 1 russ. ℔ ist = 0,85832 dieses Pfundes; die Libbra sottile daselbst hält 12 Unzen, die Unze 121,25 Carat, und 1 russ. ℔ ist = 1,35932 dieses Pfundes.

7) Zu den portugiesischen Bestimmungen ist bloss hinzuzusetzen, dass es auch halbe (Meias) Canadas und halbe (Meios) Quartilhos giebt; ferner wird das Moio in 4 Fangas, die Fanga in 15 Alqueires getheilt, wodurch dann die übrigen angegebenen Bestimmungen nach Einschaltung der Fanga richtig werden.

8) Ausser den im Wörterbuche angegebenen Massbestimmungen finden sich in dem grossen Werke noch folgende, die ich nachträglich kurz hinzusetze.

a) Polen. Nach einem Ukas vom 13. Dec. 1818 gelten seit dem 1. Jan. 1819 folgende Bestimmungen. Das Längenmass ist die Elle (Lokieć) von 2 Fuss (Stopa), der Fuss von 12 Zoll (Tsal), der Zoll in 12 Linien, die Linie in 2 Millimeter getheilt, welche Bezeichnung auch in Polen herrscht; die Elle = 576 Millimeter. Zwei Ellen machen eine Toise (Sążen), die Sznur hält 10 Pręty oder 75 Ellen oder 100 Pręciki (geometrische Fuss) oder 1000 Ławek oder 1800 Zoll oder 21600 Linien oder 43200 Millimeter. Die polnische Meile hat $4938\frac{723}{864}$ Sążen oder $14816\frac{147}{288}$ Lokieć oder 8534310 Millimeter, und wird in 8 Staïe getheilt; die Postmeile ist die deutsche. Eine Włoka hat 30 Morgi oder 90 Quadrat-Sznur oder 506250 Quadratellen. Das Hohlmass Korzek enthält 32 Garniec oder 128 Kwarty oder 512 Kwaterki und beträgt $9259\frac{7}{27}$ Kubikzoll oder 128 Kubik-Decimeter. Das Funt hat 16 Unzen, 32 Loth, 128 Drachmen, 384 Scrupel, oder 9216 Grains oder 50688 Graniki oder 205504 Milli-

gramm. Ein Centner von 100 ℔ hat 4 Kamien, die Tonne (Beczka) hat 100 Garniec.

b) Norwegen. Die norwegischen Massbestimmungen sind die in Dänemark geltenden. Eine genaue Messung ergab den Fuss des norwegischen Etalons = 139,086 Par. Linien, was der (S. 1340) mitgetheilten völlig gleicht.

c) China. Das Längenmass ist die Toise (Tchan), die in 10 Fuss (Tchi) und im Decimalverhältnisse weiter in Tsoun, Fin und Li getheilt wird; sonstige Eintheilungen existiren bloss auf dem Papiere.

Der mathematische Fuss	= 0,333 Met.	= 13,125	engl. Zoll.
Der Werkfuss	= 0,3228 —	= 12,71	—
Der Fuss der Schneider	= 0,3383 —	= 13,33	—
Der Fuss der Geometer	= 0,3211 —	= 12,65	—

Der Bu oder Schritt = 5 Fuss der Geometer; 15 Bu Breite und 16 Bu Länge oder 240 Quadrat-Bu geben 1 Mu, 100 Mu geben 1 Tsin, 180 Tchan oder 1800 Tchi der Geometer geben die chinesische Meile oder Li.

Die Normalgrösse des Gewichts ist das Pfund (Ghin oder Zsin) von 16 Lan, welches in 10 Tchin, 100 Fun, 1000 Li und 10000 Khao zerfällt; 30 Ghin machen das Zsun, 120 das Chi von 174,5 russ. Pfund. Es giebt noch sonstige Abtheilungen und Bestimmungen des Handelsgewichts und überhaupt fehlt eine feste Regelung. Folgendes scheint am richtigsten zu seyn:

1 ℔ Krongewicht (Kkhu pkhine)	= 1 ℔	43 Sol.	53,70 Doli
1 ℔ Handelsgewicht (Chi-Pkhine)	= 1 „	40 „	75,75 „
1 ℔ Kleingewicht (Erl-Lan-Pkhine)	= 1 „	38 „	78,18 „

1 Russ. ℔ = 11,006 Lan.

Die Trockenmasse sind: Dan von 10 Déu, 100 Chen, 1000 Ghé, 10000 Tcho, 100000 Zo, 1000000 Tchao, 10000000 Gui, und das Gui von 64 Su. Alle diese werden angewandt, und daneben noch das Khu, die Hälfte des Dan. Eine Vergleichung dieser Grössen ist nicht angegeben; wohl aber die Bemerkung, dass Flüssigkeiten nach dem Gewicht bestimmt werden.

d) Buenos Ayres. Kupffer giebt die Massbestimmungen nach folgendem Werke: Memoria sobre los pesos y medidas escrita por D. Felipe Senillosa. Buenos Ayres 1835. Hiernach ist das Längenmass die Vara = 0,866 Meter. Die

Cuadra = 150 Varas, die Legua = 40 Cuadras. Ländermasse sind entweder Quadrat-Leguas, oder Suertes de estancia, Vierecke von 3000 und 9000 Varas Seite, also 27000000 Quadrat-Varas. Ausserdem giebt es Suertes de Chacra, Quadrate von 140 Varas Seite in der Stadt und von 100 Varas auf dem Lande. Andere Suertes de Chacra für Viehweiden sind Quadrate von 500 Varas Seite. Die Gewichtseinheit ist das ℔. (Libra) von 33 Kub. Zoll reines Wasser im Puncte der grössten Dichtigkeit, was 459,4 Franz. Gramm beträgt. Das ℔ hat 16 Unzen, die Unze 16 Adarmes, die Adarme 36 Gran. Der Centner (Quintal) enthält 4 Arrobas, die Arroba 25 Pfund; die Tonelada hat 20 Centner oder 80 Arroben. Das Medicinalpfund hat 12 Unzen, die Unze 8 Drachmen, die Drachme 3 Scrupel, das Scrupel 2 Ovalos, das Ovalo 12 Gran. Flüssigkeitsmasse sind der Frasco, deren 8 auf 1 Caneca gehen. Der Frasco soll 170⅛ Kubikzoll Wasser enthalten und beträgt also 2,375 franz. Liter. 32 Frascos geben 1 Barile; die Pipa Catalana hält 4 Cargas, die Carga 16 Cortagnes; eine Vergleichung dieser lezteren finde ich nicht angegeben. Trockenmasse sind die Cuartilla von 2464 Kubikzoll Wasser, was 34,318 franz. Litern gleicht, und die Fanega von 4 Cuartillas.

e) Ionische Inseln. Daselbst gelten die englischen Masse Yard, Pound und Gallon mit italienischen Namen als Norm, woraus dann folgende Bestimmungen hervorgehen: 1 Jarda = 3 Piedi; 1 Piede = 12 Oncie; 5,5 Jarde = 1 Camaco; 220 Jarde = 1 Stado; 1760 Jarde = 1 Miglio. Die Libbra sottile = 1 ℔ Troy hat 12 Oncie, die Oncia 20 Calchi, der Calco 24 Grani. Die Libbra grossa = 1 ℔ avoir du poids hat 16 Oncie, die Oncia 16 Dramme, 100 Libbre geben 1 Talanto. Flüssigkeitsmasse sind die Gallone von 8 Dicotile, 4 Galloni geben 1 Metro und 4 Metri 1 Barila. Trockenmasse sind die Gallone von 8 Dicotile und das Chilo von 8 Gallonen.

f) Endlich dürften folgende, durch Kupffer nach groben Modellen erhaltene annähernde Bestimmungen noch von Nutzen seyn.

Die Oka von Constantinopel	= 3 ℔	13 Sol.	35,4 Dol.
Die Oka der Moldau	= 3 „	15 „	10,3 „
Die Litra der Moldau . . .	= 0 „	75 „	35,1 „

Halbe Oka der Wallachei	= 1 ℔	54 Sol.	42,2 Dol.	
100 ägyptische Drams . .	= 0 „	85 „	85,5 „	
Aegyptischer Rotl	= 1 „	7 „	32,0 „	

Pic von Constantinopel . . , .	26,89	engl. Zoll.
Endazeh der Türkei	25,70	„ „
Kot der Moldau	24,86	„ „
Khalchi der Moldau	26,43	„ „
Khalchi der Wallachei	26,85	„ „
Endazeh der Wallachei	25,24	„ „
Faden (6 Fuss) der Wallachei	58,5	„ „
— (8 Fuss) der Wallachei	78,0	„ „
Pic Massri von Aegypten . . .	22,21	„ „
Pic Endazeh — — . . .	25,05	„ „
Pic Stambuli — . . .	26,65	„ „
Cassabeh — — . . .	142,80	„ „

Mass, bestimmtes Flüssigkeitsquantum. Wiener. VI. 1321. würtembergische. 1363. baiersche. 1367. hessische. 1372. badische. 1376.

Masse. chemische. I. 341. IX. 2044. bewegte. I. 925. der Planeten und deren Bestimmung. IV. 1645. VI. 1392. Mittelpunct der Masse. 2297.

Materie. VI. 1393. Wesen nach den alten Philosophen. 1395. Atomenlehre nach Epikur. 1396. nach Le Sage. 1397. die Elemente des Aristoteles. 1397. System des Cartesius. 1398. des R. Boyle. 1399. Skeptiker und Idealisten. 1401. Leibnitz's Monadologie. 1402. Theorie des Boscovich. 1403. Kant's Dualismus. 1409. Gegner desselben. 1417. und Vertheidiger. 1419. Schelling's Naturphilosophie. 1422. und Hegel's. 1424. Wesentliche Eigenschaften der Materie. 1426—1429. Theilbarkeit derselben. 1432. Begriff des Körpers. 1436. Atome und deren stabiles Gleichgewicht. 1437—1441. Stöchiometrie. 1442. Grösse der Elemente. 1445. Brown's Molecularbewegungen. 1448. organische und unorganische Materie. 1450—1462. belebte. 1453. Verwandlung der Materie. 1463. relative Eigenschaften der Körper. 1466. Gleichgewicht der Kräfte bei den Körpern. 1468. elektrische Materie. III. 233.

Zus. Aus Rücksicht auf die Bedeutsamkeit der Autorität möge hier bemerkt werden, dass der berühmte Faraday[1] sich gegen die Existenz der Atome und für die Hypothese

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. 1844. Febr. Bibl. univ. de Gen. Nouv. Sér. N. 102. p. 359. Aehnliche Ansichten äussert Schönbein in: Ueber die Häufigkeit der Berührungswirkungen auf dem Gebiete der Chemie. Bas. 1843. 4. und wendet sie zugleich an auf die Wirkungen des Platinsalmiaks.

Boscovich's erklärt. Die Argumente gegen die Existenz der Atome entnimmt er theils aus dem verschiedenen elektrischen Leitungsvermögen der Körper, sofern man dieses ohne Widerspruch weder den Atomen, noch dem sie umgebenden Raume beilegen könne, theils aus dem wechselnden, der Atomenzahl nicht stets proportionalen Volumen bei chemischen Verbindungen. Angemessener sey es daher, statt der Atome mathematische oder vielmehr Kräftepuncte anzunehmen. Die mathematischen Puncte verlässt Faraday bald, hätte sie aber gar nicht erwähnen sollen, weil sie sich bekanntlich nicht summiren lassen und daher eine unendliche Menge derselben immer noch keinen Körper vom kleinsten Volumen giebt; die Kräftepuncte dagegen denkt er sich als Centra mit unendlich weit durch den unendlichen Raum ausgebreiteten Sphären. Die Centra der Kräfte, meint er, könnten dann in einander übergehen und man vermeide die Schwierigkeit der Vorstellung der leeren Räume, begreife vielmehr zugleich die allgemeine Anziehung der Materien.

Die Aufzählung der inneren Widersprüche dieser längst widerlegten Hypothese ist unnöthig; merkwürdig bleibt aber stets der Umstand, wie es zugehe, dass man die Vorstellung von selbstständigen Kräften und deren Mittelpuncten für leichter halten könne, als von Atomen, da wir doch auf dem Wege der Erfahrung der letzteren so nahe kommen, als unser Vorstellungsvermögen überhaupt gestattet. Gehen wir nämlich, statt von apriorischen, durch unklare Worte bezeichneten dunklen Begriffen, von der jedem Menschen unabweisslich gegebenen Erfahrung aus, und nehmen wir irgend einen Körper und damit zugleich die ihn bildende erkennbare Materie, z. B. ein Stückchen Kalkspath, dessen Dimensionen, also dessen Räumlichkeit vorstellbar ist, so können wir uns dieses als halbirt, die Hälfte wieder als halbirt und so stets fortgehend denken, ohne dass das immer kleiner werdende Volumen seine Wesenheit, d. h. seine Räumlichkeit, seine Ausdehnung gänzlich verliert. Die Untersuchung der gegebenen Materie führt also nach mathematischer Naturphilosophie nothwendig zur Annahme von Atomen, d. h. nicht weiter theilbaren kleinsten Theilen der Materie; die Grenze ihres geringsten Volumens wird bedingt durch die individuelle Vorstellungskraft kleinster Dimensionen und durch die allgemeine Unfähigkeit des endlichen Verstandes,

das unendlich Kleine sich klar vorzustellen. Die wirklich gegebene Materie aber, sollte man glauben, sey allein das Object der Naturforschung und jede andere müsse ausgeschlossen bleiben. Dass aber die in der Körperwelt gegebene Materie Kräfte (Ursachen ihrer Veränderungen und Wirkungen) habe, ist abermals Resultat der Erfahrung. Ob es ausser der, von der Naturforschung auszuschliessenden, Geisterwelt selbstständige Kräfte gebe, ist bis jetzt durch Erfahrung nicht dargethan, wir dürfen sie daher nicht annehmen, noch weniger aber als die Materie bildend betrachten.

Zus. Daussy will durch Beobachtungen zu Lorient und Brest gefunden haben, dass die mittlere Höhe des Meeresspiegels bei hohem Barometerstande geringer sey, als bei tiefem, wogegen Lubbock behauptet, der Luftdruck habe auf die mittlere Meereshöhe gar keinen Einfluss[1]. In Beziehung auf die Ostsee ist diese Frage bereits erörtert (Bd. VI. S. 1599) und neuerdings abermals durch Hällström behandelt worden[2]. Dieser beruft sich zuerst auf eine ältere Abhandlung von Gissler[3], welcher beobachtet hatte, dass der Wasserspiegel sank, wenn das Barometer stieg, und umgekehrt, und demnächst auf eine bereits genannte von Schulten[4], welcher die Ursache der ungleichen Höhe des Ostseespiegels gleichfalls im veränderlichen Luftdrucke findet, aber nicht glaubt, dass der Wind das Wasser vor sich her treibe. Aus Beobachtungen zu Algier folgert Aimé gleichfalls, dass das angegebene Verhältniss zwischen Luftdruck und Wasserhöhe des mittelländischen Meeres statt-

1 Ann. Chim. et Phys. T. LXIII. p. 304.
2 Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 626.
3 In Kongl. Svenska Vet. Acad. Handl. 1747. T. VIII. p. 142.
4 Ebend. 1806. p. 79. Gilb. Ann. XXXVI. 314.

finde[1]. HÄLLSTRÖM zeigt aber, dass die für die Ostsee aus dem Luftdruck berechnete ungleiche Höhe von 3,5 Fuss, also 1,75 F. über dem Mittel, sehr häufig übertroffen wird, und ist daher geneigt, die Ursache in der Windrichtung zu finden, sofern Nord- und Ost-Winde mit hohem Barometerstande zusammenfallen. Hierbei beruft er sich auf die Messungen, welche BANNASCH zu Pillau von 1815 bis 1834 angestellt hat[2], wonach das Wasser an der preussischen Küste bei jenen Winden höher steht. Wegen vieler zu Algier und an der Ostsee vorkommender Anomalieen müssten an verschiedenen Uferorten gleichzeitige Beobachtungen angestellt werden. An der Küste Malta's beobachtete S. NAPIER[3] gleichfalls ungewöhnliche Oscillationen. Am 21. Juni 1843 Morgens 6 Uhr stieg das Wasser 18 Z. über den mittleren Spiegel und sank nachher 3,5 Fuss unter denselben; am 25. desselben Monats stieg es erst 2,5 Fuss und sank dann 3 Fuss unter den mittleren Spiegel. Eine Ursache wird nicht angegeben.

Das specifische Gewicht des Seewassers von 14 verschiedenen Orten zwischen 35°,4 s. B. und 50°,25 n. B. bestimmte G. J. MULDER[4] schon im Jahre 1835. Die bei 54° F. gefundenen Grössen schwanken zwischen 1,02891 und 1,02551, letztere Bestimmung aus der Nordsee; alle übrige gehen nicht unter 1,02711 herab und geben mit Ausschluss der letzten im Mittel 1,027601. Zwei Jahre später suchte er diese Bestimmung für Wasser aus den nämlichen Gegenden und fand bei 50° F. die Dichtigkeiten von gleichfalls 14 Proben zwischen 1,0282 und 1,0237. Das letzte Wasser war gleichfalls aus der Nordsee, und mit Weglassung dieser Grösse ist das Mittel 1,0275[5].

MORREN fand zu St. Malo, dass der Gehalt des Seewassers an Sauerstoffgas und Kohlensäure nach den Tageszeiten wechselt. Er fand nämlich auf 100

Morgens	13	Kohlensäure,	33,3	Sauerstoffgas
Mittags	7	—	36,2	—

1 Ann. Chim. et Phys. T. LXXIII. p. 416.
2 Poggendorff Ann. Bd. XXXVI. S. 209.
3 Lond. and Edinb. Phil. Mag. 1844. Jun.
4 Aus Natuur en Scheikundig Archief. N. 2 in Poggendorff Ann. Bd. XXXIX. S. 507.
5 Poggendorff Ann. Bd. XLI. S. 498.

Abends 10 Kohlensäure, 33,4 Sauerstoffgas.

Hiernach enthält das Seewasser mehr Sauerstoffgas als das Flusswasser, welches nach v. HUMBOLDT und GAY-LUSSAC höchstens 32 Sauerstoffgas enthält und durch Stehen davon verliert[1].

Ueber die absolute Höhe und Tiefe der Wellen (VI. 1742) sind schätzbare Beobachtungen hinzugekommen. PENTLAND mass die Höhe derselben auf gleiche Weise als v. HORNER und fand sie während eines Sturmes in der Nähe von Cap Horn 20 engl. Fuss[2]. AIMÉ verfertigte einen sehr zusammengesetzten Apparat, um die Tiefe zu messen, bis zu welcher die Oscillation der Wellen herabgehen, und fand auf der Rhede zu Algier die Höhe 2 bis 3 Meter, die tiefsten Spuren der Bewegung aber bis 40 Meter Tiefe herabgehend[3].

Ueber Meeresströmungen giebt RENNEL[4] sehr ausführliche und belehrende Aufklärungen.

---

1 L'Instit. XIme Ann. N. 522. p. 446.
2 Compt. rend. T. V. p. 703. Poggendorff Ann. Bd. XLII. S. 592.
3 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. V. p. 417.
4 Investigation of the Currents of the Atlantic Ocean. Lond. 1832.

Zus. Für den lunarischen Ursprung entschied sich auch GROTTHUSS[1]. Das in Russland angeblich vom Himmel gefallene Meteorsteinpapier ist nach EHRENBERG's Untersuchungen ein Gebilde aus Conferven und Infusorien[2].

Ein interessanter Meteorsteinfall war der von DE BYLA beobachtete, worüber v. HUMBOLDT[3] Bericht erstattet hat. Der Stein fiel den 16. Sept. 1843 ungefähr 5 U. Abends in ein Kartoffelfeld unweit Klein-Wenden im Wipperthale. Der Himmel war durchaus wolkenleer, man hörte die starke Explosion und das nachfolgende Prasseln; der Stein wiegt 5 ℔ 11,75 Unzen, gleicht sehr dem von Erxleben, hat die öfters vorkommende Gestalt eines vierseitigen Prisma's, war zwischen 4 bis 5 Z. tief in das trockne und harte Kartoffelfeld eingedrungen, und hatte eine Hitze, dass er erst nach einiger Abkühlung herausgenommen werden konnte. Da die Thatsachen nach v. HUMBOLDT für genau constatirt gelten können, so lässt sich aus der Tiefe des Eindringens in ein zwar damals hartes und trockenes, aber auf jeden Fall geackertes Feld nach mehreren regnerischen Monaten folgern, dass seine Endgeschwindigkeit nicht so gross war, als sie nach der Fallhöhe seyn musste; die Zusammendrückung der Luft konnte also seine Hitze nicht erzeugt haben, und der Widerstand derselben war schwerlich vermögend, seine Bewegung, wenn er schon in den höchsten Regionen als compacte Masse existirt hätte, so sehr zu verzögern, als seine Endgeschwindigkeit anzunehmen nöthigt. Hieraus scheint mir die im Art. aufgestellte Hypothese eine bedeutende Unterstützung zu erhalten, und ich glaube hierauf hindeuten zu müssen, da völlig genau constatirte Thatsachen zu den Seltenheiten gehören.

Zur Bestimmung der Höhe und des Durchmessers der grösseren Feuerkugeln hat PETIT[4] die Parallaxen einiger neuerdings beobachteten berechnet. Für diejenige, welche in der Nacht vom 4. zum 5. Jun. 1837 zu Vesoul, Cusset und Niederbronn gesehen wurde, ergiebt sich in wahrscheinlich sehr genäherten Werthen der geringste Abstand von der Erde = 272227

1 Allg. Nord. Ann. Bd. VII. S. 1.
2 Poggendorff Ann. Bd. XXXVI. S. 187.
3 L'Institut. 12me Ann. N. 540. p. 154.
4 Compt. rend. T. XIX. p. 779.

Meter oder 68 Lieues, und eine Geschwindigkeit von 32450 Meter in der Secunde, also eine grössere als die der Erde, welche damals 30908 Met. in 1 Sec. betrug. Den Durchmesser berechnet KUHN, welcher sie zu Niederbronn beobachtete, zu 2434 Meter. Weniger sicher sind die Bestimmungen für die Feuerkugel, welche am 18. Aug. 1841 zu Bourg-la-Reine, zu Paris und zu Rheims gesehen wurde, nämlich für den Augenblick des Erlöschens Abstand von der Erde 730400 Meter und Durchmesser 3906 Meter. Noch weniger zuverlässig sind sie für die am 9. Febr. 1841 zu Toulouse, Paris, Agen und Carcassonne gesehene, die einen Abstand = 155404 Meter von der Erde hatte.

Zus. Unter die besten und preiswürdigsten Mikroskope gehören die von George OBERHAEUSER in Paris, Place Dauphin. N. 8. A. FISCHER hat ein sogenanntes pankratisches Mikroskop beschrieben, welches durch blosses Ausziehen der Röhre ohne Unterbrechung der Beobachtung eine mehr als hundertfache Steigerung der Vergrösserung gestattet [1].

---

1 Microscope pancratique par A. FISCHER. Moscou 1841. Messungsapparate findet man beschrieben in: Manuel complet de Micrographie von Ch. CHEVALIER. Beschreibung der Mikroskope und Hülfsapparate nebst Anweisungen zu ihrem Gebrauche findet man in: Nouveau Manuel complet de l'observateur au Microscope, par F. DUJARDIN. Par. 1843. Nebst Atlas von 30 Stahlplatten.

Zus. Die Vorzüge dieses Rades, bei welchem gar kein

Wasser ungenutzt und ohne Ausübung seiner ganzen Kraft verloren wird, leuchten von selbst ein. Aus Privatmittheilungen ist mir bekannt, dass ALTHANS auf der Saynerhütte am Rhein dasselbe mit dem besten Erfolge in Anwendung gebracht hat, allein ausserdem ist dieser Apparat durch ihn wesentlich verbessert und dadurch zu einem der wichtigsten unter allen bewegenden hydraulischen geworden. Es ist nämlich (Wörterb. Bd. X. S. 1252) hervorgehoben worden, dass bei einem bis etwa 40 Fuss Höhe erreichenden Wassergefälle ein Cylinder von dieser Höhe kaum praktisch ausführbar seyn dürfte, allein dieser Schwierigkeit ist so sinnreich begegnet worden, dass wasserarme, aber hochliegende Quellen, sollten sie auch 1000 Fuss Höhe haben und in nicht unbedeutender Entfernung vorhanden seyn, ohne sehr grosse Schwierigkeiten für diesen Zweck benutzt werden können. Man leitet nämlich das Wasser in hinlänglich weiten Röhren von der erforderlichen Stärke bis an die bestimmte Stelle und führt es daselbst durch eine lothrecht stehende kurze konische Röhre in den Cylinder von beliebiger, den Umständen angemessener Höhe. Es leuchtet von selbst ein, dass das in den Cylinder dringende Wasser den nämlichen Druck ausübt, als wenn der Cylinder die ganze Fallhöhe hätte; von der bei gewöhnlicher Construction vorhandenen Fallgeschwindigkeit kann nur so viel in Wirkung kommen, als diese nicht durch den Widerstand in den Röhren gehindert wird, weswegen letztere die gehörige Weite haben müssen (s. Röhre Bd. VII. S. 1411). Die zu erreichende Nutzkraft lässt sich hiernach leicht berechnen. Wenn nun durch diese kurze Andeutung eine höchst einfache, aber erst jetzt gemachte wichtige Erfindung deutlich genug dargestellt ist, so ergiebt sich zugleich ihr Vorzug vor der Wassersäulenmaschine von selbst, indem bei ihr die Reibung des Cylinders auf ein Minimum gebracht werden kann, wenn man dessen Gewicht gerade so einrichtet, dass er eben durch den Wasserdruck nicht gehoben wird. ALTHANS hat indess dieser Erfindung noch eine zweite, ebenso sinnreiche hinzugefügt. Unten in der Ebene der Arme liegt nämlich ein horizontales Rad (eine Turbine), gegen welche das ausströmende Wasser stösst und die daher mit gleicher Kraft, als der Cylinder, aber in entgegengesetzter Richtung, umgetrieben wird. Beide Wirkungen lassen sich indess leicht vereinigen, der Nutzeffect des Wassers ist daher

ein doppelter, und schon hierdurch allein erhält diese hydraulische Maschine vor allen andern den Vorzug.

Zus. Eigentlich neue Multiplicatoren sind nicht hinzugekommen, dagegen hat man sich mehr über bestimmte Bezeichnungen derselben und genauere Angaben ihrer Construction vereinigt. Hiernach unterscheidet man zuerst Elektrometer als solche Werkzeuge, welche das Vorhandenseyn der statischen Elektricität anzeigen und ihre Intensität messen. Für die dynamische Elektricität haben wir dann zwei Arten von Apparaten, die Galvanometer und Voltameter. Zu den letzteren, die von Faraday Volta-Elektrometer genannt wurden, gehören alle diejenigen Vorrichtungen, mittelst derer durch den elektrischen oder galvanischen Strom Wasser an Platindrähten zerlegt und die erzeugte Gasmenge gemessen wird, welcher letzteren man die Stärke des Stromes mit Rücksicht auf die zur Zerlegung erforderliche Zeit proportional setzt. Es können dabei die Gase einzeln oder vereint aufgefangen und überhaupt die Vorrichtungen verschieden modificirt werden, das Wesen ihrer Construction bleibt stets sich selbst gleich und die Beschreibung einzelner ist daher überflüssig.

Die zweite Classe der Messwerkzeuge für elektrische Ströme wird mit dem allgemeinen Namen Galvanometer bezeichnet, und sie begreift zuerst diejenigen, bei denen die Messung durch die Abweichung der Magnetnadel geschieht. Man hat

sich seitdem noch oft einer anderen Classe von Messwerkzeugen der Stärke elektrischer Ströme bedient, nämlich thermoskopischer, bei denen durch die erzeugte Wärme auf Intensität derselben, gleichfalls mit Rücksicht auf die erforderliche Zeit, geschlossen wird, indem man voraussetzt, das beide einander proportional sind. De la Rive hat hierzu das Breguet'sche Metallthermometer benutzt; allein abgerechnet dass es beschwerlich ist, die Spirale in den Kreis des elektrischen Stromes zu bringen, hat Lenz mit Recht dagegen eingewandt, dass die Metalle, aus welchen die Spirale besteht, die Elektricität ungleich leiten und daher bei veränderlicher Stromstärke auch ungleich erwärmt werden können, wodurch die Sicherheit des Instruments zweifelhaft wird [1]. Zweckmässiger wendet man ein feines Luftthermometer an, bei welchem ein dünner Platindraht durch eine Glaskugel geht und in Folge seiner Erwärmung die reine oder mit Alkoholdämpfen gemischte Luft ausdehnt. Vorzugsweise hat Riess hiervon Gebrauch gemacht, und man kann sich entweder des von ihm angegebenen Apparats (Bd. X. S. 402.), oder eines nach ähnlichen Principien construirten, für die Art der anzustellenden Versuche zweckmässig eingerichteten, bedienen.

Bezeichnen wir durch den Ausdruck Galvanometer alle diejenigen Apparate, die zur Wahrnehmung und Messung der elektrischen Ströme (der dynamischen Elektricität) dienen und also für diese dasjenige leisten, was die Elektrometer für die statische Elektricität, so gehören dazu vorzugsweise die Multiplicatoren, die von der Vervielfältigung der Drahtwindungen ihren Namen erhalten haben, allein es müssen ihnen auch andere, namentlich das Froschschenkelpräparat beigezählt werden, wie auch in unserm Werke geschehen ist.

1) Multiplicatoren. In Beziehung auf diese hat Fechner [2] nachgewiesen, dass in denjenigen Fällen, wo ein schwacher Strom oder ein solcher vorhanden ist, welcher bei seinem Entstehen keinen merklichen Widerstand zu überwinden hat, worunter die thermoelektrischen, die durch wenige Drahtwindungen gegebenen magnetoelektrischen u. s. w. gehören, oder auch wenn man bei hydroelektrischen den Widerstand des Messapparats auf

1 Poggendorff Ann. Bd. XLVIII. S. 388.
2 Ebend. Bd. XLV. S. 232.

ein Minimum bringen will, ein einfacher dicker Draht mit wenigen, nur etwa vier Windungen vortreffliche Dienste leistet. Den Multiplicatoren dieser Art, die das eine Extrem bilden, stehen die des andern Extrems mit sehr vielen Windungen entgegen, für diejenigen Fälle, namentlich bei Reibungselektricität, wo der Leitungs-Widerstand des Messapparates kein wesentliches Hinderniss entgegenstellt, sofern dieser gegen den Uebergangswiderstand oder den bei Erzeugung des Stromes vorhandenen Widerstand als unbedeutend zu betrachten ist. Durch Anwendung von sehr dünnem Drahte hat man neuerdings die Zahl der Windungen ausnehmend vermehrt. FECHNER selbst verfertigte sich einen Multiplicator von 16454 par. Fuss Draht, welcher um ein 5 Zoll langes und ebenso breites, 7,1 Lin. hohes Gestell gewunden 12076 Windungen enthielt. GOURJON erzählte mir, dass er Multiplicatoren von 12000 Windungen verfertige, die zu 3000, 6000, 9000, und 12000 Windungen verbunden werden könnten und zur Beobachtung der Luftelektricität dienten. Uebrigens bedarf man zu feinen Versuchen nicht selten Multiplicatoren von vielen Windungen und FECHNER gebrauchte schon solche von 16000 Windungen. Bis zu 2000 Windungen kann man sich noch des gewöhnlichen feinen übersponnenen Kupferdrahtes bedienen, ohne dass ihre Gestalt unförmlich wird, wie dieses bei den sehr grossen nicht wohl vermeidlich ist. Man thut sehr wohl, beim Verfertigen solcher Multiplicatoren zwei Drähte gleichzeitig neben einander liegend um das Gestell zu wickeln, so dass man beim Gebrauche den Strom durch einen der beiden Drähte, oder durch beide vereint, oder auch durch beide gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung leiten kann, um im letzteren Falle nur die Differenz beider Ströme zu erhalten. Dass man auf diese Weise auch 3, 4 oder mehr Drähte gleichzeitig um die Form wickeln und vielfach combiniren könne, leuchtet von selbst ein. Eine wesentliche Verbesserung für die Multiplicatoren im Allgemeinen hat JACOBI[1] in Vorschlag gebracht, nämlich unten an die Magnetnadel ein kleines Platinblech zu befestigen, welches in ein kleines Gefäss mit feinem Oel taucht, um die langwierigen Oscillationen zu vermeiden. Dieses Hülfsmittel wurde zuerst von

1 Bullet. de l'Acad. de Petersb. T. V. Poggendorff Ann. Bd. XLVIII. S. 29.

von COULOMB angewandt, allein das von ihm gewählte Quecksilber hindert die Bewegung zu sehr, wie auch ich selbst gefunden habe, und Wasser, welches gleichfalls (Bd. VI. S. 2501) in Vorschlag gebracht worden ist, hat in seiner steten Verdunstung ein grosses Hinderniss. Oel verdickt zwar mit der Zeit, wählt man aber das feine der Uhrmacher, so würde doch dieses in mehr als Jahresfrist nicht unbrauchbar werden.

2) Galvanometer. Es ist am zweckmässigsten, und daher auch bereits durch den Sprachgebrauch ziemlich allgemein eingeführt worden, hierunter diejenigen Messapparate des elektrischen Stromes zusammenzufassen, bei denen die Abweichung der Magnetnadel zum Messen dient, ohne Rücksicht darauf, ob das Galvanometer aus einem einfachen oder einem mehr- und vielmal gewundenen Drahte besteht.

In den meisten Fällen dienen die Multiplicatoren oder Galvanometer bloss dazu, die Anwesenheit des elektrischen Stromes zu zeigen, und es ist dann gleichgültig, ob sie aus mehreren Windungen oder aus einer einzigen bestehen, ob sie eine einfache Nadel oder eine Nobili'sche Doppelnadel enthalten, und ob im letzteren Falle die verbundenen Nadeln völlig astatisch sind, oder durch mehr oder weniger überwiegende Stärke der einen Nadel über die andere der dirigirenden Kraft des Erdmagnetismus in ungleichem Grade unterliegen, vorausgesetzt, dass sie für den vorliegenden Zweck hinlängliche Empfindlichkeit besitzen, welche, wenn die Nadeln an einem einfachen Seidenfaden aufgehangen sind, vom Maximum bei einer völlig astatischen Doppelnadel, wobei bloss die Torsion des Fadens zu überwinden ist, bis zum Minimum einer einfachen, mithin der dirigirenden Kraft des tellurischen Magnetismus ganz unterliegenden Nadel abnimmt. Zu den bereits erwähnten Galvanometern verdienen noch folgende hinzugefügt zu werden. Einer Tangentenbussole von weit einfacherer Construction, als die beschriebene Nervander'sche (Bd. VI. S. 2498), bediente sich POUILLET bei seinen bekannten elektrischen Untersuchungen. Diese besteht aus einem in einen Kreis von 4 bis 5 Centimeter Durchmesser gebogenen, 20 Millim. breiten und 2 Millim. dicken Streifen Kupferblech. Beide Enden des Streifens werden nahe rechtwinklig umgebogen, so dass der Kreis zwar vollständig, doch aber durch einen kleinen, in Folge zwischenliegender Seide isolirten, Zwischenraum unterbrochen ist. Die

beiden verlängerten Enden entfernen sich etwas von einander, um in zwei Näpfchen mit Quecksilber zu tauchen, in welche man die Polardrähte der zu prüfenden Säule gleichfalls herabsenkt, wonach dann der elektrische Strom den metallenen Bügel durchläuft. Dieser letztere ist in genau verticaler Ebene in die Platte eines kleinen Tisches gesteckt, auf welcher unter einer Glasglocke eine kleine Magnetnadel an einem Seidenfaden so aufgehangen ist, dass ihr Centrum genau im Mittelpuncte des metallenen Bügels und ihre Axe in der verticalen Ebene durch die Mitte des durch ihn gebildeten Kreises liegt, wonach also bei jedem Versuche der Bügel selbst sich im magnetischen Meridian befinden muss. Da aber die Nadel selbst nur klein im Verhältniss zum Bügel seyn darf, die Genauigkeit der Messung aber einen grösseren getheilten Kreis erfordert, so versieht man die Nadel mit einer ihr genau parallelen längeren und sehr leichten von Kupfer (besser von Messing oder Silber), um noch halbe Grade der Theilung ablesen zu können, weil ein Irrthum von 10 Minuten bei stärkeren Abweichungen, die auf jeden Fall nicht über 75 Grad hinausgehen dürfen, bedeutende Fehler herbeiführen würde. Die Prüfung des Instrumentes geschieht einfach dadurch, dass man einen gleichen Strom nach der einen, dann nach der entgegengesetzten Richtung durchleitet und prüft, ob in beiden Fällen die entgegengesetzten Abweichungen gleich gross sind[1].

Auch die Bezeichnung der Sinusbussole scheint von POUILLET herzustammen, obgleich solche Apparate schon lange vorher in Gebrauch waren. Zur Begründung dieses Namens dient folgende Demonstration. Ist e m der magnetische Meridian, c das Centrum der Nadel, c a deren Abweichung, die durch den Winkel d gemessen wird, so ist die Componente der in der Richtung a t wirkenden tellurischen Kraft f, welche die Nadel in den magnetischen Meridian zurückzuführen strebt, $= f \sin. d$; die zurückstossende magnetische Kraft φ aber, welche die Nadel in der Richtung a z abstösst, sofern sie perpendiculär auf die Nadel wirkt, muss beim Stillstand dieser gleich seyn, welches $\varphi = f. \sin. d$ giebt. POUILLET bediente sich solcher Bussolen von verschiedener Feinheit,

Fig. 34.

1 Élémens de Physique expérimentale et de Météorologie par POUILLET. 3me éd. Par. 1837. T. I. p. 612.

bei allen aber ruhte die einfache Nadel mit ihrem Achathütchen auf einer Stahlspitze, um ihr Centrum und ihren Umdrehungspunct stets genau in der Mitte des Multiplicators und des getheilten Kreises zu erhalten. Rechtwinkelig mit ihrer Axe befand sich über derselben eine feine Holzscheibe mit einer als festes Zeichen dienenden Linie, und über dieser eine als Loupe mit Spinnenfaden, um durch dessen Coincidenz mit der Linie den Stand der Nadel genau zu bestimmen. Die Säule, welche diesen Theil des Apparats trug, stand im Centrum eines getheilten Kreises und war mit einem Zeiger versehen, welcher die Grade des Abweichungswinkels angab. Bei einer anfangenden Beobachtung musste, wenn die Axe der Nadel sich genau in der verticalen Ebene des Multiplicators befand, welche Lage sie stets behielt, und wenn zugleich der Spinnenfaden der Loupe mit der Linie auf dem hölzernen Stäbchen zusammenfiel, der Zeiger auf 0^0 der Theilung stehen, und wenn dann ein Strom den Multiplicator durchlief und die Nadel abgestossen wurde, so drehte Pouillet den Multiplicator um seine verticale Axe so weit, bis die Nadel in seiner verticalen Ebene zum Stillstande kam, wodurch also die stets in gleicher Richtung und Stärke auf die Nadel wirkende abstossende Kraft der Anziehung der tellurischen dirigirenden gleich war. Der genau abgelesene Winkel war dann der Abweichungswinkel d. Die Windungen des Multiplicatordrahtes waren theils kreisförmig, theils flach, um die Drähte der Nadel näher zu bringen und dadurch ihre Wirkung zu verstärken. Eine sinnreiche Einrichtung bestand darin, dass die messingenen, durch ein an ihrer Seite angebrachtes gekröpftes Stück mit der Axe verbundenen, an ihrem Umfange aber freien Rahmen, um welche der Draht gewickelt war, eine Vertiefung hatten, und man daher mit mehr oder weniger Umwindungen wechseln konnte, ohne die übrigen Theile des Apparats zu ändern. Für die Vergleichung elektrischer Ströme unter einander sind solche Galvanometer von der Stärke der Nadeln unabhängig, wenn ihre Directionskraft nur hinlänglich stark ist, um sie stets wieder in den magnetischen Meridian zurückzuführen, die Genauigkeit der Messung mit diesen Apparaten lässt gleichfalls nichts zu wünschen übrig, allein die Reibung auf der Spitze thut der Empfindlichkeit der Nadeln grossen Abbruch, weswegen man sie vortheilhafter an einem einfachen Seidenfaden aufhängt, was Pouillet deswegen nicht wählte,

weil es dann schwieriger ist, den Drehpunct der Nadel genau in das Centrum des Multiplicators und des getheilten Kreises zu bringen und hierin zu erhalten, obgleich auch dieses sich erreichen lässt, wie wir später sehen werden [1].

Zur Berechnung seiner zahlreichen Versuche über die Stärke solcher elektrischer Ströme, die durch das Abreissen des Ankers von einem Magnete entstehen, hat Lenz eine Formel aufgefunden. Er betrachtet hierbei den im Drahte momentan entstehenden Magnetismus als gegen die Nadel stossend, weswegen dessen Kraft durch die Geschwindigkeit, die er der Nadel ertheilt, messbar seyn muss. Diese Geschwindigkeit ist aber nach den Pendelgesetzen gerade so gross, als diejenige, die sie beim Zurückschwingen am Ausgangspuncte wieder erhält, und wenn daher A diese Ausgangsgeschwindigkeit, f aber eine Constante bezeichnet, so erhält man

$$A = f \sqrt{\text{sin. vers. } \alpha},$$

worin α den durch diese Kraft erzeugten Ablenkungswinkel bezeichnet. Durch Substitution von $2 \sin.^2 \frac{1}{2}\alpha$ statt sin. vers. α erhält man

$$A = p \,.\, \sin. \tfrac{1}{2}\alpha,$$

wenn $p = \sqrt{2}$ gesetzt wird [2].

In einer der Prüfung der verschiedenen, zum Messen der Stromstärken bestimmten Apparate gewidmeten Abhandlung giebt Poggendorff [3] der Sinusbussole vor allen andern den Vorzug, fügt derselben aber einige sehr wesentliche Verbesserungen hinzu. Dahin gehört vor allen Dingen das Aufhängen der Nadel an einem einfachen Seidenfaden. Das von Pouillet gefürchtete nachtheilige Schwanken der Nadel wird völlig vermieden, indem man dieselbe unten mit einem zweiten, ein kugelförmiges Gewicht tragenden Faden versieht, welches in eine verticale Glasröhre herabhängt. Die Torsion des Fadens kann hierdurch nicht vermehrt werden, da diese ohnehin durch gleichzeitige Drehung des die Nadel tragenden Stativs und des Kreises mit den Drahtwindungen eliminirt wird. Eine solche, von Kleiner verfertigte Sinusbussole mit einem Kreise von 3½ Zoll Durchmesser gab mit

---

1 Élémens de Physique expérimentale et de Météorologie par Pouillet. 3me éd. Par. 1837. T. I. p. 604. 611.

2 Poggendorff Ann. Bd. XXXIV. S. 392.

3 Dessen Ann. Bd. L. S. 504.

dem 1 Min. zeigenden Nonius noch bis 2 Min. völlig sichere Ablesungen. Die Nadel bestand aus einem cylindrischen Magnetstabe von 34 Lin. Länge und 1 Lin. Dicke, zeigte aber eine solche Empfindlichkeit, dass das Instrument für starke Ströme unbrauchbar seyn würde, wenn diesem nicht durch ein bereits erwähntes, noch weiter vervollkommnetes, sinnreich ersonnenes Hülfsmittel abgeholfen wäre. Statt eines einfachen Drahtes bestehen die Windungen aus zwei zusammengedrehten, deren beider Wirkungen auf die Magnetnadel daher gleich sind. Der eine dieser Drähte wird durch Einschaltung eines Drahtes verlängert und dadurch dessen Leitungswiderstand vermehrt, wodurch man im Stande ist, die Summen beider Ströme und ihre Unterschiede zu messen, und da der Unterschied beliebig gewählt werden kann, so hat man es in seiner Gewalt, Ströme von den verschiedensten Intensitäten zu messen. Gesetzt es wäre möglich, mit dem einen Drahte Stromstärken von 1 bis 100 zu messen, und der Unterschied beider Drähte betrüge nur 0,01, so wären alle diejenigen Stromstärken messbar, die zwischen 1 und 10000 liegen. Noch ein Mittel dieser Modificirung lässt sich dadurch erreichen, dass man die Drahtwindungen der Axe des Magnetstabes nicht parallel richtet, sondern beide einen constanten Winkel mit einander machen lässt, welcher im Extreme 90 Grade betragen könnte. Das Instrument ist zugleich so eingerichtet, dass Drahtgewinde von verschiedener Länge und Dicke für den jedesmaligen Zweck eingesetzt werden können, doch genügen meistens 4 Windungen eines Drahtes von 0,66 Millim. Durchmesser.

Ein Mittel, welches von MELLONI [1] und in abgeänderter Gestalt durch PÉCLET [2] empfohlen worden ist, die Nadeln der Multiplicatoren durch einen genäherten Magnet astatischer und dadurch empfindlicher zu machen, war bereits bekannt und verdient daher eine blosse Erwähnung; desto mehr der Beachtung werth und eine wirkliche Erweiterung der Wissenschaft gewährend ist der durch W. WEBER hergestellte Apparat, mittelst dessen starke elektrische Ströme nach absolutem Masse messbar sind. Derselbe ist der durch POUILLET angegebenen Tangentenbussole fast ganz

---

1 Archives de l'Électricité. N. 3. p. 656.
2 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. II. p. 103.

gleich und besteht aus einem kupfernen kreisförmigen Bügel von 9 par. Zoll Durchmesser, 5 Lin. Breite und fast 2 Lin. Dicke, welcher unten nicht geschlossen, sondern durch einen etwa 0,5 Lin. betragenden Raum getrennt ist. Das eine Ende ist mit einer rechtwinklig an ihm angelötheten kupfernen Röhre versehen, welche von etwa 3 Lin. Durchmesser und 0,5 Lin. Metallstärke lothrecht durch die obere Platte eines hölzernen Stativs herabgeht und in der horizontalen Ebene drehbar ist, um als Träger des Bügels diesen in den magnetischen Meridian zu stellen, am andern Ende ist gleichfalls rechtwinklig ein Kupferdraht von 1,5 Lin. Durchmesser angelöthet, welcher durch die mit hartem Holze ausgefütterte Röhre herabgeht. Wird dann die Röhre und der Draht durch eine metallene Leitung mit den Elektroden einer galvanischen Säule verbunden, so durchläuft der Strom den kupfernen Bügel und wirkt wie ein Magnet auf eine kleine, 25 Lin. lange Magnetnadel, die sich in einer messingenen, mit einer Glasscheibe bedeckten Büchse auf einer Stahlspitze schwebend befindet. Die untere Hälfte des kupfernen Bügels ist mit einer halbkreisförmigen hölzernen Scheibe ausgefüllt, welche in der Mitte mit einer Nuth versehen ist, worin ein 9,5 Z. langes, 3 Z. breites dünnes Bret in horizontaler Ebene sich rechts und links verschieben lässt. Zwischen den aufstehenden Rändern dieses Bretchens ruht die Bussole so, dass das Centrum der Nadel, wenn sie in die Ebene des Bügels geschoben ist, sich im Centrum des letzteren befindet, sie kann aber auch rechts und links geschoben werden, wodurch ihre Axe eine der Ebene des Bügels parallele Lage erhält und sich in einem gemessenen Abstande von dieser befindet. Betrachtet man den durch den galvanischen Strom magnetischen Bügel als einen wirklichen Magnet, welcher aus einer bestimmten Entfernung die Nadel ablenkt, und die absolute Kraft des Magnetismus als bekannt, so lässt sich hiernach die absolute magnetische Kraft des gegebenen Stromes ermitteln [1].

Nach alle dem, was bisher über die Galvanometer der verschiedensten Arten hier mitgetheilt worden ist, bleibt noch immer die Frage unbeantwortet, ob und inwiefern sie allgemein als wirkliche Messwerkzeuge zu betrachten sind. Gegen die Brauch-

1 Poggendorff Ann. Bd. LV. S. 27.

barkeit der Tangentenbussole ist in dieser Beziehung wohl nichts einzuwenden, und die Sinusbussole empfiehlt POGGENDORFF gewiss mit Recht als ein vorzüglich genaues, bequemes und für viele, ganz eigentlich wissenschaftliche, Untersuchungen sehr geeignetes Instrument; allein es würde ein Verlust seyn, wenn man alle übrige, auf vielfache Weise construirte, Multiplicatoren aufgeben wollte, wobei noch berücksichtigt werden muss, dass die Sinusbussole immerhin ein verhältnissmässig theures Instrument ist, und die Versuche mit ihr mehr Zeit und Aufmerksamkeit erfordern, als der Physiker jederzeit aufzuwenden geneigt seyn kann, nicht zu gedenken, dass beide Apparate nur diejenigen Ströme zu messen vermögen, welche stark genug sind, die tellurische Direction der Nadeln zu überwinden. Bei gewöhnlichen Galvanometern setzt man voraus, dass innerhalb der ersten 10 bis 20 Grade die Ablenkungswinkel den Stromstärken direct proportional sind; allein dieses ist nur annähernd richtig und kann auf keine Weise für stärkere Abweichungen gelten. POGGENDORFF[1] hat sich aber das Verdienst erworben, die Mittel aufzusuchen, durch welche sich im Allgemeinen die Relation zwischen den Abweichungswinkeln und den Stromstärken bestimmen lässt, und es ist daher allerdings geeignet, eine Uebersicht dieses Verfahrens, welches sich dem durch KÄMTZ (Bd. VI. S. 2504) aufgestellten, minder bequemen und nicht so allgemeinen, füglich anreihen lässt, hier in der Kürze und zunächst in Beziehung auf praktische Anwendbarkeit mitzutheilen. Ein Verfahren, welches BECQUEREL[2] befolgte, und die drei durch NOBILI[3] in Vorschlag gebrachten erfordern mehrere gleiche Ströme und beziehen sich auf eigends hierfür construirte Multiplicatoren; das von MELLONI (Bd. X. S. 567) angewandte erstreckt sich bloss auf geringe Unterschiede und ist wohl im Princip nicht fest begründet. Ein Vorschlag PETRINA's[4], wonach man die Enden des Multiplicators mit dem Leitungsdrahte eines starken hydro-

---

1 Dessen Ann. Bd. LVI. S. 324. LVII. S. 609.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXI. p. 371. Traité de l'Électric. etc. T. II. p. 24.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. XLIII. p. 146. Poggendorff Ann. Bd. XX. S. 213. Vergl. Wörterb. Bd. VI. S. 2491.

4 v. Holger's Zeitschr. für Phys. Bd. I. S. 171.

elektrischen Stromes in Berührung bringen, die Stärke des durch den Multiplicator gehenden Stromes dem Abstande jener beiden Enden proportional setzen und dann aus diesen Entfernungen bei gleichen Abweichungen der Multiplicatornadel die Quantitäten des hydroelektrischen Hauptstromes messen soll, scheint vorauszusetzen, dass der Widerstand des Drahtes zwischen den Berührungsstellen sehr gross sey gegen den Widerstand der übrigen Kette und des Multiplicatordrahtes. Uebrigens ist dieses, auch von WHEATSTONE angewandte, Verfahren nach den Resultaten vieler bereits angestellten Versuche zur Messung stärkerer Ströme in vielen Fällen sehr brauchbar. Man leitet den Strom durch einen in einer schmalen Rinne befindlichen, etwa 12 Zoll langen, 2 Lin. breiten und 1 Lin. tiefen Quecksilberfaden. Die in einem Bretchen eingeschnittene Rinne ist mit einer etliche Zoll langen, in Linien getheilten Scale versehen. Man senkt die Enden des Multiplicatordrahtes in das den Strom leitende Quecksilber, und die Stärke desselben zeigt sich dann dem Abstande zwischen den beiden Drähten proportional. Bei diesem, wegen seiner Einfachheit sehr empfehlenswerthen Verfahren kann man zwar die Abstände der beiden Multiplicatorenden so klein wählen, dass sich die Ablenkungswinkel der Magnetnadel den Stromstärken proportional setzen lassen, allein dasselbe lässt sich nur bei etwas stärkeren Strömen anwenden, und dabei bleibt immer die allgemeine Relation zwischen den Stromstärken und den auch grösseren Abweichungswinkeln der Magnetnadel unbestimmt.

Um also für alle Galvanometer von der verschiedensten Construction das Verhältniss zwischen den Stromstärken und den Ablenkungswinkeln der Magnetnadel aufzufinden, ging POGGENDORFF von dem Satze aus: „dass man die Ablenkungen, welche die im magnetischen Meridiane liegenden Multiplicatorwindungen bei verschiedener Stärke des durchgeleiteten Stromes der Magnetnadel ertheilen, aus denjenigen herleiten könne, welche sie, von einem und demselben Strome durchflossen, aber unter verschiedene Winkel gegen den magnetischen Meridian gestellt, auf dieselbe Nadel ausüben.“ Hiernach ist also bloss erforderlich, die letzteren Grössen bei einem gegebenen Galvanometer mittelst eines gewissen Stromes von gleichbleibender Stärke in genügender Ausdehnung aufzufinden, um dadurch eine Scale für alle Stromstärken zu erhalten. In grösster Vollständigkeit

könnte man hierbei durch einzelne Grade fortschreiten, es genügt aber vollkommen und ist der Kürze wegen sehr vorzuziehn, die erforderlichen Grössen von 5^0 zu 5^0 zu suchen und die zwischenliegenden einfach zu interpoliren. Dreht man also das Gewinde des Multiplicatordrahtes rechts und links so, dass es mit dem magnetischen Meridiane die verschiedenen Winkel $m \ldots m'''; m''; m'; 0; -m_{,}; -m_{,,}; -m_{,,,} \ldots$ macht, und misst man die Winkel $0 \ldots n'''; n''; n'; n; n_{,}; n_{,,}; n_{,,,} \ldots 90^0$, welche der Multiplicatordraht mit der Magnetnadel bildet, so erhält man für verschiedene Stromstärken k, die gegebene als Einheit angenommen, die Gleichung:

$$k : 1 = \sin. n : \sin. (n + m),$$

woraus sich eine allgemeine Scale der Stromstärken berechnen lässt. Poggendorff zeigt an einem Beispiele die Leichtigkeit und Sicherheit dieses Verfahrens. Zur Erzeugung des elektrischen Stromes diente ihm eine kleine thermoelektrische Kette aus zwei Paaren Neusilberdraht und Kupferdraht, deren Enden zusammengedreht waren und deren Verbindungsstellen abwechselnd in einem Sandbade über einer Weingeistlampe erhitzt wurden. Während der 18 Messungen, die nicht mehr als eine halbe Stunde Zeit erforderten, war der Strom so gut als constant, und es wurden folgende Grössen gefunden:

m	n	n + m	m	n	n + m
49°,5	0°	49°,5	— 8°,0	40°	32°,0
46,5	5	51,5	—19,0	45	26,0
43,5	10	53,5	—28,5	50	21,5
38,5	15	53,5	—37,0	55	18,0
31,5	20	51,5	—45,75	60	14,25
23,5	25	48,5	—54,0	65	11,0
13,0	30	43	—61,0	70	9,0
3,0	35	38	—69,0	75	6,0
0,0	36	36	—76	80	4,0

Hieraus ergiebt sich folgende Scale des Verhältnisses der Stromstärken zu den Ablenkungswinkeln für den Fall, dass die Drahtwindungen sich im magnetischen Meridiane befinden:

Ablenkung n.	Stromstärke $\frac{\sin. n}{\sin. (n + m)}$	Ablenkung n.	Stromstärke $\frac{\sin. n}{\sin. (n + m)}$
0°	0,0000	40°	1,2130
5	0,1114	45	1,6130
10	0,2160	50	2,0901
15	0,3220	55	2,6508
20	0,4370	60	3,5182
25	0,5643	65	4,7499
30	0,7331	70	6,0071
35	0,9316	75	9,2408
36	1,0000	80	14,1180

Dass hierbei die Einheit der Stromesstärke 36° beträgt, ist willkürlich und es könnte hierzu jede andere dienen, welche erlaubt, die Drahtwindungen der Nadel parallel zu stellen, was hier bei 49°,5 stattfand. Das Maximum dieser Grösse kann nur 90° betragen und jeder stärkere Strom würde sich nicht eignen.

Poggendorff bemerkt noch zur Vervollständigung seiner werthvollen Untersuchung, dass der regelmässige Gang der Scalen durch die Umbiegungen des Multiplicatordrahtes, welche wegen des Durchsteckens des Nadelhalters erforderlich sind, gestört wird. Péclet[1] hat daher vorgeschlagen, diese Biegungen zu vermeiden und die Nadel mittelst eines gekröpften, aus einem viermal rechtwinklig gebogenen Drahte bestehenden Halters mitten zwischen die Windungen zu bringen, allein die Amplitüde der Nadel wird hierdurch zu sehr beschränkt. Ferner ist nicht vorauszusetzen, dass die Windungen des Multiplicatordrahtes unter sich vollkommen gleich sind, und will man daher mittelst der Abweichungen der Nadel nach der entgegengesetzten Seite, als wofür die Scale gefunden worden ist, Messungen anstellen, so erfordert die Vorsicht, auch hierfür auf die angegebene Weise eine Scale zu suchen. Endlich muss auch die Nadel stets in der nämlichen Entfernung von den Drahtwindungen gehalten werden, und wenn sie eine Doppelnadel ist, das Verhältniss der magnetischen Intensitäten beider ungeändert bleiben. Aus dem letzteren Grunde ist es räth-

1 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. II. p. 103.

lich, die Abweichungsscale vor wichtigen Versuchen neu zu bestimmen.

Eine für alle galvanometrische Messungen höchst wichtige Reihe von Versuchen hat JACOBI[1] bekannt gemacht. Nach dem von FARADAY aufgefundenen, durch DANIELL[2] und Andere bestätigten Gesetze, wonach die elektrolytischen Zersetzungen in der geschlossenen Kette den Aequivalenten der durch die Elektroden zersetzten Substanzen gleich sind, giebt das Voltameter ein genaues Mass des consumirten positiven Metalls, und es ist daher sowohl im Allgemeinen, als auch insbesondere für die Vorausberechnung des für elektromagnetische Maschinen erforderlichen Verbrauchs von Zink sehr wichtig zu wissen, ob die magnetisirende Kraft des elektrischen Stromes seiner wasserzersetzenden Kraft genau gleich gesetzt werden kann, mithin das Galvanometer und das Voltameter gleiche Resultate geben. Drei Reihen von Versuchen mit Säulen, die von 2 bis 13 Plattenpaaren wechselten und wobei die Stromstärken gleichzeitig mit einer Nervander'schen Tangentenbussole und einem Voltameter gemessen wurden, zeigten evident die vollkommenste Uebereinstimmung beider Messwerkzeuge, so dass man sich also bei Messungen jeder Art des weit bequemeren Galvanometers mit Sicherheit bedienen kann. Zugleich ergab sich, dass sehr schwache Ströme allerdings zersetzend wirken, wenn auch keine Gasblasen wegen ihrer zu geringen Grösse aufsteigen. Eine im Grossen angestellte Messung des in der Kette aufgelösten Zinks und der erzeugten Gasmenge bestätigte das Faraday'sche Gesetz vollständiger, als frühere Versuche Anderer.

Ein zum Beobachten und Messen sehr schwacher galvanischer Ströme dienendes Instrument nennt OSANN[3] *Iodgalvanometer*. Es besteht aus einer Vorrichtung, die Platinelektroden sehr schwacher Volta'scher Ketten in ungleichen messbaren Abständen mit einer kleinen Quantität Stärkekleister, auf welche mittelst einer Glasröhre ein Tropfen Iodkalium geträpfelt ist, in Berührung zu bringen, worauf dann die Stärke der Fär-

---

1 Bullet. Scient. de l'Ac. de St. Petersb. T. V. Poggendorff Ann. XLVIII. 26.

2 Sturgeon's Annals of Electricity. T. I. p. 98.

3 Die Anwendung des hydroelektrischen Stromes als Aetzmittel. Würzb. 1842. S. 5.

bung und der Abstand der Platindrähte zur Ermittelung des Vorhandenseyns und der Stärke des galvanischen Stromes dient. Da der Apparat auf der chemischen Wirksamkeit des Stromes beruht, so gehört er eigentlich zu den Voltametern.

3) Die von BECQUEREL[1] erfundene, nach ihm benannte elektromagnetische Waage darf der Vollständigkeit wegen nicht unerwähnt bleiben. Sie besteht aus einem Waagebalken, welcher auf weniger als ein Milligramm einen Ausschlag giebt; die von den Armen desselben herabgehenden Drähte sind jeder mit einer Waagschale p p versehn und tragen an ihrem untern Ende jeder einen vertical herabhängenden, den Nordpol nach unten kehrenden Stahlmagnet. Das Fussbret, auf welchem der Träger der Waage ruht, hat an jeder Seite eine schickliche Vorrichtung zum Festhalten zweier Träger, die sich durch die Stellschrauben v v, v′ v′ in horizontaler Ebene verschieben lassen. Auf diesen sind die Glasröhren c c, c′ c′ befestigt, um welche man 10000 Windungen mit Seide übersponnenen Kupferdrahtes wickelt, in deren Mitte, beider Axen zusammenfallend, die Magnetstäbe herabhängen. Durchströmt ein elektrischer Strom diesen Draht, so muss je nach der Richtung desselben der Magnet sich heben oder senken, und wenn dann das zweite Gewinde so eingerichtet ist, dass es dem Magnete die gleiche Richtung ertheilt, so werden beide Wirkungen zusammenfallen und sich addiren, mithin auch, wenn sie gering sind, leichter bemerkbar werden. Die Kraft, womit die Magnete niedersinken oder sich heben, wird durch Gegengewichte aufgehoben, die man in die eine oder die andere Waagschaale legt, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist, und die Vergleichung der bei ungleichen Strömen erforderlichen Gewichte giebt das Mass ihrer Stärke. Beispielsweise tauchte BECQUEREL eine Zink- und eine Kupferplatte von 4 Quadratcentimeter Oberfläche, die mit den Enden des Multiplicatordrahtes verbunden waren, in 10 Gramm reines Wasser, und es bedurfte 2,5 Milligr. zur Herstellung des Gleichgewichts; als aber ein Tropfen Schwefelsäure zum Wasser gesetzt war, bedurfte es 35,5 Milligr., wonach also die Stromstärken sich wie 1:14 verhielten. JACOBI und LENZ[2] be-

Fig. 35.

1 Traité de l'Electricité. T. V. Poggendorff Ann. Bd. XLII. S. 307.
2 Bullet. scient. de Petersb. T. V. Poggendorff Ann. Bd. XLVII. S. 226.

dienten sich gleichfalls dieser Waage, sie finden es aber schwierig, das stabile Gleichgewicht bei ihr herzustellen, weil die anziehende Kraft, die auf den einen, und die abstossende die auf den andern Magnet wirkt, mit der Entfernung stark abnehmen und daher bei den unvermeidlichen Schwankungen sich nur mit Mühe compensiren lassen. Sie ziehn es daher vor, den einen Magnetstab über den andern unter die Spirale zu bringen, damit beider Anziehungen oder Abstossungen aus gleichmässig zu- oder abnehmenden Entfernungen wirken.

N.

Zus. Die neuesten Untersuchungen von PELTIER[1] würden die Theorie der feuchten Nebel umzustossen im Stande seyn, wenn genügende Erfahrungen die aufgestellten Gesetze bestätigten. Hiernach giebt es 5 Arten von Nebeln, zuerst die gewöhnlichen, durch Veränderung der Temperatur entstehenden, dann zwei Arten positiv-elektrische und ebenso viel negativ-elektrische, die durch die Elektricität der Erde und des in den höchsten Regionen von Süden nach Norden stattfindenden Luftstromes gebildet werden sollen. Es dürfte indess vor der Hand zweckwidrig seyn, diese Hypothese statt der bisherigen Erklärung anzunehmen, da der Erfahrung nach die Elektricität zur Erzeugung des Wasserdunstes nicht geeignet, der ungleiche elektrische Zustand der Nebel aber weder erwiesen noch mit den Resultaten der Beobachtungen über Luftelektricität vereinbar ist. Daher hat auch diese Hypothese noch keinen Anhänger, wohl aber in DUPREZ[2] einen gewiegten Gegner gefunden.

Den Höhrauch leitet auch MERIAN, auf triftige Gründe sich stützend, aus Moorbränden her[3].

---

1 Mém. des Savans étrang. de la Soc. Roy. de Brux. T. XV. Bibl. univ. de Genève. N. LXXXIV. p. 368.

2 Mém. cour. et Mém. des Savans étrang. de l'Acad. de Brux. T. XV. p. 1.

3 Dritter Bericht über die Verhandl. der naturf. Ges. in Basel. 1835. S. 63.

Zus. Eine gründliche Untersuchung über die Erfindung und Verbesserungen der Nivellirinstrumente hat Thom. Stevenson [1] bekannt gemacht. Hiernach soll Huyghens [2] zwischen 1666 und 1681 eine mit einem Fernrohre verbundene Libelle hergestellt haben, gewiss aber ist, dass Dr. Hooke [3] die Luftblase in einer Röhre zum Nivelliren verwandt hat; Hutton in seinem Dictionary schreibt die Erfindung dem Thevenot (geb. 1621, gest. 1692) zu, doch konnte Stevenson in den Schriften des letzteren nichts darüber finden. Der Erfinder der Dosenlibelle ist unbekannt, doch wird sie von Switzer [4] erwähnt, Le Bion [5] verband um 1684 zuerst das Huyghens'sche Fernrohr mit Hooke's Röhrenlibelle, und hierauf folgte Sisson's Verbesserung.

---

1 Edinb. New Phil. Journ. N. LXXIII. p. 101.

2 Opp. var. L. B. 1724. praef.

3 Animodvers. on the first Part of the Machina coelestis of Joh. Hevelius. Lond. 1674. p. 61.

4 Treatise on Waterworks. 1734. p. 91.

5 Traité de la Construct. et des princ. usages des Instrum. de Math.

Zus. Unter die merkwürdigen gehört ein in Nordamerica beobachtetes. Nach den Berichten schien es nicht an allen Orten, wo es sich zeigte, gleichzeitig stattzufinden, auch berichtet HUMPHREYS zu Annapolis, er habe feine Wolken über demselben gesehn. Es wurde sehr südlich zu Society-Hill unter 34° 35′ n. B. und zu Culloden unter 32° 45′ n. B. wahrgenommen, am letzteren Orte aber bloss im Norden, obgleich es am ersten sich weit hinaus nach Süden erstreckte. Auch in England nahm man dasselbe wahr, obgleich bei trübem Himmel. In America verdunkelten nicht bloss trübe Wolken den Himmel, sondern es fielen auch einige Schneeflocken [1].

Ueber den Zusammenhang der Nordlichter mit der Witterung ist nachzutragen, dass B. F. JOSLIN [2] aus gleichzeitig mit Nordlichtern angestellten Barometer- und Thermometerbeobachtungen zu beweisen sucht, dass gerade zur Zeit der Nordlichter eine grosse Menge aus feinen Eisnadeln bestehender Dunst in der Atmosphäre vorhanden sey; auch erwähnt Lady SOMMERVILLE [3], dass die Schiffer in Schottland nach einem Nordlichte stürmisches Wetter erwarten. Sie selbst beobachtete ein grosses am 18ten Oct. 1837, auf welches ein unerhörter Sturm mit Unwetter folgte. Beachtenswerth sind endlich die Beobachtungen, welche NECKER DE SAUSSURE [4] zu Edinburg und auf der Insel Sky machte, und was er von Augenzeugen daselbst erfuhr. Er selbst hörte nie ein Geräusch, doch versicherten die Bewohner der Shettlandsinseln einstimmig, dass es bei starken stets vernommen werde und demjenigen gleiche, welches

1 Silliman amer. Journ. of Sc. T. XXXIV. p. 367.
2 Ebend. T. XXXV. p. 145.
3 Bullet. de la Soc. de Brux. 1838. N. 3. p. 82.
4 Compt. rend. T. XII. p. 346.

eine Kornschwinge (*Van*) erzeuge. Der Beobachter der meteorologischen Phänomene auf dem Leuchtthurm zu Sumburgh-Head sagte, dass er es bei verschlossenen Läden höre und dadurch auf die Anwesenheit der Nordlichter aufmerksam gemacht werde. Necker de Saussure machte selbst die Erfahrung, dass die Nordlichter meistens von Reif begleitet waren und dass auf die meisten Schnee, Regen und Wind folgte, und fand dadurch die in Schottland allgemein verbreitete Meinung bestätigt, dass die Nordlichter Vorboten von schlechtem Wetter und Winden seyen.

O.

Zus. **Ozon** ist eine neue, durch SCHÖNBEIN aufgefundene Substanz, die vielleicht von grösster Wichtigkeit für die Physik, namentlich deren chemischen Theil, werden wird. Lange war der eigenthümliche Geruch bekannt, welchen die Reibungselektricität erzeugt, und welcher nicht bloss auf den Geruchsinn, sondern auch auf den Geschmack sehr kenntlich wirkt. Man betrachtete diesen ziemlich allgemein als Folge einer durch die Elektricität bewirkten chemischen Zersetzung, deren Erzeugnisse die Geruchs- und Geschmacks-Nerven afficiren sollten; allein die Unhaltbarkeit dieser Hypothese habe

ich selbst[1] längst aus unwiderleglichen Gründen dargethan. Die Sache erhielt eine bedeutende Erweiterung, als Schönbein[2] auffand, dass die riechende Substanz auch bei der Analyse des Wassers durch Gold- oder Platindrähte einer kräftigen hydroelektrischen Säule, dem erzeugten Sauerstoffgas beigemengt, zum Vorschein komme, und als er zugleich bemerkte, dass Platindrähte, wenn sie nur einen Augenblick in das riechende Gas eingesenkt oder der aus Spitzen ausströmenden Elektricität entgegengehalten waren, negativ polarisirt wurden, also mit dem einen Ende eines empfindlichen Galvanometers verbunden, an dessen anderm Ende sich ein unveränderter Platindraht befand, nach dem Einsenken dieser beiden Drähte in gesäuertes Wasser einen sehr kenntlichen elektrischen Strom erzeugten. Hierauf gründete er den Schluss, der riechende Stoff müsse ein den Salzbildern, dem Chlor, Brom und Iod anzureihender Stoff seyn, dem er den Namen Ozon gab, weil er sich zuerst durch den Geruch geoffenbart hatte.

Als Gegner dieser Hypothese trat de la Rive[3] auf und leitete den Geruch von feinen, in der Luft schwebenden, durch die Elektricität fortgerissenen oxydirten Platintheilchen ab. Dieser schon an sich gewagten Hypothese steht das sich von selbst darbietende Argument entgegen, dass das Ozon beim Ausströmen aus Spitzen jeder Art, metallenen, hölzernen u. s. w. zum Vorschein kommt, also unmöglich durch fortgerissene Theilchen der verschiedensten Substanzen sich stets selbst gleich erzeugt werden kann, und es scheint mir daher unnöthig, die gründliche Widerlegung, welche Schönbein[4] dem berühmten Genfer Physiker entgegengesetzt hat, hier mitzutheilen. Unterdess verfolgte Letzterer seine Entdeckung weiter und wurde durch das Festhalten an seiner anfänglichen Hypothese zu einem Verfahren geleitet, das Ozon in grösserer Menge auf chemischem Wege darzustellen[5], denn eben die geringe Menge, worin dieser neue Stoff bloss in Gasform auftritt, stand

1 Handbuch der Naturlehre. 1829. Bd. I. S. 833.
2 Poggendorff Ann. Bd. L. S. 616. Bibl. univ. N. S. T. XXVIII. p. 342.
3 Poggendorff Ann. Bd. LIV. S. 402 ff.
4 Ebendas. Bd. LIX. S. 240.
5 Bibl. univ. de Genève. Nouv. Sér. 1844. Mai. p. 395.

vom Anfang an und steht auch noch jetzt einer näheren Untersuchung bedeutend entgegen. SCHÖNBEIN that wohl daran, alles, was sich nach seinen Erfahrungen und Ansichten auf den neuentdeckten Körper bezieht, in einer eigenen Monographie[1] bekannt zu machen, worin auch die von ihm sogleich nach Entdeckung des Ozons der Münchener Societät mitgetheilte Abhandlung aufgenommen worden ist.

Die so eben aufgefundene Darstellung des Ozons auf chemischem Wege geschieht auf folgende Weise. Man nimmt eine grosse gläserne Flasche, spült sie mit reinem Wasser aus, lässt eine etwa 1 Z. lange, frisch abgeschabte Stange klaren Phosphor langsam hineingleiten, bedeckt sie lose mit einem Korkstöpsel und wartet eine durch die Temperatur bedingte Zeit ab. Bei einer äusseren Wärme von 0^0 bis etwa 8^0 findet gar keine oder eine höchst langsame Ozonbildung statt, bei 12^0 bis 15^0 dagegen erfolgt sie in wenigen Minuten, bei noch höherer entzündet sich der Phosphor leicht und kann sogar Explosionen herbeiführen. Nach einer durch die Temperatur bedingten längeren oder kürzeren Zeit zeigt sich in der Flasche der bekannte Phosphorgeruch und ein in dieselbe etliche Secunden hineingehaltener Platinstreif wird auf gleiche Weise positiv polarisirt, als wenn er mit Phosphor bestrichen wäre; später tritt allmälig der Ozongeruch hervor, wird zunehmend intensiver und ein hineingehaltener Platinstreif zeigt sich negativ polarisirt. Hat der Ozongeruch seine höchste Intensität erreicht, so fängt er wieder an abzunehmen und verschwindet durch den fortdauernden Einfluss des Phosphors zuletzt gänzlich. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass das auf dreifache Weise erzeugte, durch Ausströmen der Elektricität, der positiven wie der negativen, aus Spitzen, durch die Analyse des Wassers und durch Phosphor erhaltene Ozon ein und dieselbe Substanz sey, denn sowohl der Geruch als auch die negative Polarisation des Platins und Goldes sind bei allen völlig gleich, wie nicht minder auch die sonstigen Wirkungen, so weit sich diese bei allen drei Arten wahrnehmen lassen. Indem nämlich SCHÖNBEIN an der Hypothese festhielt, das Ozon sey ein dem Chlor, Brom und Iod ähnlicher Körper, versuchte er

1 Ueber die Erzeugung des Ozons auf chemischem Wege von C. F. SCHÖNBEIN. Basel 1844.

dessen Kraft, die Pflanzenfarben zu zerstören, und fand auch wirklich, dass ein Streif Lackmuspapier in einer Ozon enthaltenden Flasche während einer Viertelstunde völlig gebleicht wurde. Es zeigte sich eine gleiche Einwirkung auf Veilchensyrup und Indigolösung, als feinstes Reagens zur Entdeckung der geringsten Spuren dient aber Stärkekleister mit etwas Iodkalium auf Papier aufgetragen. Schwefelwasserstoffgas, Phosphorwasserstoffgas, schweflige Säure, die unedlen Metalle u. s. w. zerstören das Ozon und alle Spuren desselben verschwinden durch das Vorhandenseyn namentlich der genannten Gase, weswegen denn auch der durch Maschinenelektricität erzeugte Geruch in sehr reiner Luft am stärksten hervorzutreten scheint. Auch der Phosphor zerstört das Ozon, welches sich in dieser Beziehung gerade wie das Chlor verhält, denn ein Stück Phosphor neben der Ausströmungsspitze der Elektricität hebt die Wirkung der letzteren auf, ozonhaltiges Sauerstoffgas der positiven Elektrode verliert seine Polarisations- und Bleichkraft durch ein hineingehaltenes Stück Phosphor, und dass dieser auch das chemisch bereitete Ozon durch längere Einwirkung zerstöre, ist bereits erwähnt worden.

Zur Beantwortung der wichtigen Frage, was das Ozon seinem Wesen nach sey, geht SCHÖNBEIN von der allseitig bestätigten Erfahrung aus, dass zur Erzeugung desselben der Stickstoff unumgänglich nöthig ist, denn nie kommt jenes zum Vorschein, wenn dieser fehlt, obgleich Sauerstoffgas vorhanden ist. Hiernach nimmt er an, dass das Stickgas, dessen Einfachheit schon mehrmals als problematisch betrachtet wurde, aus Ozon und Wasserstoff bestehe, mithin Ozonwasserstoff sey, und indem er diese Verbindung dann mit Chlorwasserstoff vergleicht, zeigt er im Einzelnen eine allerdings überraschende Aehnlichkeit des Verhaltens dieser beiden Stoffe. Bei der Elektrolyse des Wassers und dem Ausströmen der Elektricität aus Spitzen beruht demnach die Zersetzung des Stickgas und Erzeugung des Ozons auf einer einfachen chemischen Zerlegung; schwieriger aber ist dieses bei der Bildung auf chemischem Wege zu erklären. Hauptsächlich ist hierbei zu beachten, dass das Ozon keine Phosphorverbindung seyn kann, weil es auch auf sonstige zweifache Weise ohne die Anwesenheit irgend einer Spur von Phosphor zum Vorschein kommt. Beachtung verdient hierbei zugleich, dass ein Leuchten des Phos-

phors in stickstoffhaltigem Sauerstoffgas schon bei niedriger Temperatur sich zeigt, in reinem Sauerstoffgas aber erst bei 27° C. Temperatur, was er aus einer Zerlegung des Stickgas und einer Verbindung des Ozons mit Phosphor ableitet, da ozonhaltige Luft ihren Geruch und ihr Bleichvermögen durch Phosphor verliert. Endlich hebt er aber die Bildung der phosphatischen Säure aus Phosphor in atmosphärischer Luft hervor und findet es unbegreiflich, wie diese Mischung aus phosphoriger und Phosphorsäure durch blosse Einwirkung des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft aus Phosphor entstehn könne, weil nicht abzusehn sey, warum gleichzeitig 1 Theil Phosphor sich mit 3 Th. Sauerstoff und ein anderer mit 5 Th. verbinden sollte. Hiernach wird also angenommen, dass das Stickgas sein Ozon an den Phosphor abgebe und damit Ozonphosphor bilde, während durch gleichzeitige Einwirkung des Sauerstoffs phosphatische Säure entstehe und ein Theil des Ozons frei werde. Hierdurch wird indess der räthselhafte Process nur im Allgemeinen bezeichnet, nicht aber mit einer Schärfe und Bestimmtheit, welche Ueberzeugung erzwingt; auch wagt Schönbein vor der Hand noch nicht darüber zu entscheiden, ob die vorausgehende Oxydation die Bildung des Ozon-Phosphors bedinge oder das Verhalten ein umgekehrtes sey, so wie es zugleich räthselhaft bleibt, warum anfänglich ein Theil Ozon frei, später aber wieder durch Phosphor gebunden wird.

Da das Ozon durch die aus Spitzen ausströmende Elektricität erzeugt wird, so lässt sich vermuthen, dass Blitzschläge eine gleiche Wirkung haben können. Schönbein leitet daher den bekannten Geruch beim Einschlagen der Blitze von gebildetem Ozon her und will diesen Körper zugleich im Regenwasser nach anhaltendem Blitzen gefunden haben, ja selbst durch Luftelektricität soll derselbe zum Vorschein kommen, was mindestens durch die Bläuung des oben beschriebenen sehr empfindlichen Probepapiers angedeutet wird. Die Bemühungen, das Ozon an irgend eine Basis zu binden, haben bis jetzt noch zu keinen befriedigenden Resultaten geführt, denn es gelang bloss, Iodkalium durch dasselbe zu zerlegen. Das Verfahren ist zu weitläuftig, um es hier deutlich zu beschreiben, und ausserdem ist es sehr mühsam, denn man muss nicht etwa eine einzige Flasche, sondern deren mehrere, auch die grössten, worin das Ozon durch abgetrockneten Phosphor erzeugt

wurde, wiederholt so lange mit derselben geringen Menge einer wässerigen Iodkaliumlösung schütteln, bis der Ozongeruch gänzlich verschwunden ist. Das durch einen weitläufigen Process endlich in geringer Menge erhaltene Salz entwickelt durch Hitze einen scharfen, die Respirationswerkzeuge bedeutend angreifenden Dampf. Im Ganzen sind also die Untersuchungen über diesen räthselhaften Körper noch nichts weniger als abgeschlossen, und es wird den Chemikern noch grossen Aufwand von Zeit und Mühe kosten, bis man das Wesen des neuen Körpers genau kennt.

Angenommen, die durch Schönbein aufgestellte Hypothese wäre richtig und das Ozon gehörte zu den Salzbildern, so würde es nach dem Entdecker zwischen Chlor und Brom gehören, so dass die Reihenfolge wäre: Chlor, Ozon, Brom, Iod; denn das Ozon wird durch Chlor ausgeschieden, scheidet aber das Brom und Iod aus ihren Verbindungen. Unter Voraussetzung endlich, dass der Stickstoff nicht einfach, sondern Ozon-Wasserstoff sey, nimmt Schönbein folgende Verbindungen an:

1) Wasserstoffverbindungen.

1	Atom	Ozon	+	1	Atom	Wasserstoff	=	Stickstoff.
1	—	—	+	2	—	—	=	unbekannt.
1	—	—	+	3	—	—	=	Amid.
1	—	—	+	4	—	—	=	Ammoniak.
1	—	—	+	5	—	—	=	Ammonium.

2) Hydrosauerstoffverbindungen.

1	At.	Ozon	+	1	At.	Wasserst.	+	1	At.	Sauerst.	=	Stickoxydul.
1	—	—	+	1	—	—	+	2	—	—	=	Stickoxyd.
1	—	—	+	1	—	—	+	3	—	—	=	salpetrige Säure.
1	—	—	+	1	—	—	+	4	—	—	=	Untersalpetersäure.
1	—	—	+	1	—	—	+	5	—	—	=	Salpetersäure.

Ganz neuerdings hat Schönbein[1] die Hypothesen geprüft, wonach das Ozon eine Verbindung von Stickstoff und Sauerstoff seyn soll, wie sehr viele Chemiker vermutheten, indem einige dasselbe sogar für die bekannte salpetrige Säure halten wollten, welche allerdings einen hineingesenkten Platindraht

1 Poggendorff Ann. Bd. LXIII. S. 520.

gleichfalls negativ polarisirt. Inzwischen ist es nicht schwer, den Unterschied beider Stoffe evident nachzuweisen, da unter andern die salpetrige Säure das Ozon zerstört. Wäre letzteres eine sonstige Verbindung des Stickstoffs mit Sauerstoff, so müsste es entweder auf einer höheren oder auf einer niedrigern Oxydationsstufe stehen, als die fünf bekannten, bei denen der Stickstoff mit 1, 2, 3, 4, 5 Atomen Sauerstoff verbunden ist, oder endlich zwischen diesen liegen. Gegen das Erstere streitet der Umstand, dass das Ozon nicht sauer ist, gegen das Zweite, dass es Salz bildet, was durch die bekannten niederen Oxydationsstufen nicht geschieht; das Dritte wäre zwar möglich, doch findet Schönbein jede Hypothese dieser Art schwieriger und minder wahrscheinlich, als die von ihm aufgestellte.

P.

Zus. Pontus hat diesen Apparat abermals unter dem Namen Pesometer als neue Erfindung in Vorschlag gebracht[1].

1 Journ. de la Soc. des Sc. phys. 1835. Déc. p. 414.

Zus. Hierüber handeln: PINI [1], SVAMBERG [2] und PAUCKER [3].

Zus. **Passivität** der Metalle. Man wusste seit langer Zeit, dass manche Metalle, namentlich Eisen, von concentrirter Salpetersäure nicht angegriffen werden, und leitete dieses von einem stärkeren Gebundenseyn des Sauerstoffs in dieser Säure her. Einen bedeutenden Schritt weiter ging HERSCHEL [4], indem er wahrnahm, dass gereinigtes weiches Eisen in Salpetersäure von 1,399 spec. Gewicht sich zwar anfänglich bräunt, sofort aber seinen Metallglanz wieder annimmt, und in diesem Zustande als präparirtes Eisen selbst mit Gold, Silber, Platin, Quecksilber, Glas und andern Substanzen berührt in der Säure nicht angegriffen wird, mit Glas oder sonstigen scharfen Sachen abgeschabt aber sich wie ursprünglich verhält. Wird dagegen präparirtes Eisen in der Luft oder in der Säure mit Kupfer, Zink, Zinn, Wismuth; Antimon, Blei oder nicht präparirtem Eisen berührt, so geht hierdurch der präparirte Zustand verloren. Aus salpetersaurer Kupfersolution fället solches Eisen nichts, wird es aber in der Flüssigkeit mit Kupfer berührt, so überzieht es sich augenblicklich mit Kupfer. Das Aufbrausen der Säure wechselt oft anhaltend in sehr kurzen Intervallen, und wenn das Eisen seine braune Farbe nicht verliert, auch fortwährend Gasblasen entwickelt, so erhält es durch Berührung mit Platin, oder wenn man es, aus der Säure gezogen, einige Zeit an der Luft hält und mit einem Stosse wie-

1 Mem. di Mat. e Fisica della Soc. Ital. 1809. T. XIV.
2 Stockholmer Densch. T. XXXII.
3 Jahresverhandl. der Kurländ. Ges. 1819.
4 Ann. de Chim. et Phys. T. LIV. p. 87.

der in die Säure wirft, sofort seine Blänke wieder. Das präparirte Eisen widersteht der Säure auch bei höherer Temperatur, aber nicht beim Sieden; angelassener Stahl, z. B. blaue Uhrfedern, werden selbst in siedender Säure nicht angegriffen, statt dass glasharter Stahl selbst kalter Säure nicht widersteht. HERSCHEL bemerkt, dass KEIR [1] ähnliche Beobachtungen gemacht habe, allein diese beziehn sich zunächst auf die Nichtlöslichkeit des Eisens in starker Salpetersäure, ohne die mannigfaltigen Modificationen dieser Erscheinung, die hier grossentheils mitgetheilt worden sind. Dahin gehört dann auch eine Reihe von Versuchen, welche WETZLAR [2] bekannt gemacht hat, worunter ein interessanter und leicht anzustellender der ist, dass stählerne Strickstöcke, deren eine Enden eine Zeit lang in salpetersaure Silbersolution eingetaucht und sofort mit Leder stark abgerieben sind, an diesen Enden in einer salpetersauren Kupfersolution nicht mit Kupfer überzogen werden, an den entgegengesetzten Enden aber desto stärker. FECHNER [3] tauchte einen Silber- und einen Eisendraht, beide mit den Enden eines Multiplicators verbunden, in salpetersaure Silbersolution, und fand, dass bei stärkerer Concentration das Eisen negativ elektrisch war, in minder concentrirter dagegen positiv. Wird die concentrirte Lösung mit dem dritten Theil ihres Volumens reiner Salpetersäure vermischt und ein Eisenstäbchen eingetaucht, so läuft dieses sogleich schwarz an, wird zunehmend weisser, zuletzt ganz silberweiss glänzend, worauf dann das Silber sich rasch wieder auflöst unter starker Salpetergasentwickelung, bis das Eisenstäbchen wieder blank erscheint.

Unabhängig von diesen Erfahrungen beobachtete SCHÖNBEIN [4], dass verschiedene Metalle von starken Säuren nicht angegriffen werden; er verfolgte diesen Gegenstand weiter, nannte dieselben in diesem Zustande passiv, das ganze Verhalten Passivität, und wurde dadurch der Begründer der Lehre von

---

1 Philos. Trans. 1790. Schweigger's Journ. Bd. LIII. S. 151.

2 Schweigger's Journal Bd. XLIX. S. 470. Bd. L. S. 80 u. 129. Bd. LVI. S. 206. Vergl. die Beobachtungen von FISCHER in Poggendorff Ann. Bd. VI. S. 44 ff. u. 51.

3 Lehrbuch des Galvanismus. S. 416.

4 Poggendorff Ann. Bd. XXXVII. S. 390. 590. Das Verhalten des Eisens zum Sauerstoff. Basel 1837.

diesem eigenthümlichen, höchst merkwürdigen Verhalten. Unter die wichtigsten, von ihm entdeckten Thatsachen gehört, dass Stanniolstreifen in Salpetersäure von 1,5 spec. Gewicht selbst im Sieden nicht angegriffen werden; werden sie herausgezogen und an der Luft gehalten, selbst in trockner oder in Wasserstoffgas, so beginnt die Oxydation bald an einem Puncte und verbreitet sich von da über die ganze Fläche. Rostfreies Eisenfeilicht wird von dieser Säure nicht angegriffen, wie man schon früher wusste, aber selbst wenn es damit benetzt ist und dann Wasser zugegossen wird, bleibt es blank. Werden Eisenspähnchen vorher über einer Weingeistlampe bis zur Bläue erhitzt, so greift weder concentrirte noch verdünnte Säure sie an. Erhitzt man das eine Ende eines beliebig langen Eisendrahts bis zum Anlaufen in einer Weingeistflamme und senkt dieses Ende zuerst in verdünnte Salpetersäure, so wird weder dieses, noch auch das andere, später eingesenkte Ende des umgebogenen Drahtes angegriffen; der ganze Draht ist passiv, doch wird das andere Ende, wenn zuerst für sich eingetaucht, angegriffen. Merkwürdig ist, dass ein auf diese Weise passiv gemachter Eisendraht alle andere, ihn berührende und mit ihm eingetauchte gleichfalls passiv macht. Letztere Erscheinungen hören indess mit stärkerer Erhitzung der Säure auf. Bringt man einen Eisendraht mit einem Platindrahte in metallische Berührung und taucht den Platindraht zuerst, dann den Eisendraht in die Säure, so ist dieser passiv; berührt man passiven Eisendraht ausser der Säure mit einem Platindrahte, letzteren wieder mit einem Eisendrahte, so zeigt sich dieser, in die Säure getaucht, gleichfalls passiv, und eben dieses ist der Fall mit den beiden Enden eines Eisendrahtes, dessen eines Ende einige Linien tief in Platin- oder Goldsolution getaucht war. Uebrigens verlieren die Eisendrähte ihre Passivität durch verschiedene Ursachen, namentlich Erschütterung und Berührung mit activen Metallen. Der Zusammenhang dieser Erscheinungen mit dem elektrischen Verhalten geht aus folgendem Versuche hervor. Bringt man Salpetersäure von 1,36 spec. Gew. in den Kreis einer Volta'schen Säule so, dass ein Platindraht vom negativen Pole in sie taucht, ein Eisendraht aber erst in dieselbe getaucht und dann mit dem positiven verbunden wird, so verhält sich letzterer ebenso activ, als wenn er mit dem Pole verbunden zuerst eingesenkt und dann die Kette

mit dem Platindrahte geschlossen wird; ist aber der Platindraht zuerst eingetaucht und der Eisendraht mit dem positiven Pole verbunden, so zeigt er sich nach dem Schliessen der Kette passiv, und bleibt dieses auch, nachdem er von der Säule getrennt ist. Spätere Versuche[1] bewiesen, dass das Eisen diesen passiven Zustand nur gegen den Sauerstoff, aber nicht gegen andere negativ-elektrische Elemente annimmt. Taucht man einen zur Gabel gebogenen Eisendraht mit beiden Schenkeln in Salpetersäure von 1,35 spec. Gew., so erfolgt lebhafte Auflösung; zieht man ihn nach etwa einer Secunde heraus und hält ihn einige Augenblicke an der Luft, so ist die Wirkung schwächer, und nach einigen Wiederholungen dieses Verfahrens zeigt sich der Draht ganz passiv. Berührt man demnächst eins der Enden mit einem Kupferdraht, so werden beide langsam activ, aber merkwürdigerweise in Absätzen, so dass die Zustände der Activität und Passivität stossweise wechseln, bis der erstere dauernd wird.

Die eben erwähnten pulsirenden Erscheinungen hat L. Gmelin[2] weiter verfolgt. Schönbein bemerkt wiederholt, dass die Passivität des Eisens in höheren Temperaturen verschwindet. Gmelin nahm Säure von 1,5 spec. Gewicht und fand bei 80° C. die Gasentwickelung beginnend; bei 100° dauert sie ruhig fort und die Säure sättigt sich so stark mit Eisenoxyd, dass sie syrupartig wird und beim Erkalten zu einer gelbbraunen, faserigen Masse gesteht. Erhitzt man die Säure mit dem Draht bis zum heftigen Sieden, so wird letzterer sogleich oder nach einiger Zeit pulsirend, ein Drahtbündel aber kann schon in der im Wasserbade erwärmten Säure pulsirend werden, weil die Temperatur durch die Auflösung der grösseren Masse gesteigert wird. Der pulsirende Draht zeigt bei 100° C. eine stärkere Gasentwickelung, als der nicht pulsirende, die Gasentwickelung nimmt in der Regel von oben nach unten allmälig zu und steigert sich plötzlich unter Bildung grosser Blasen bis zum Herausschleudern der Säure. Die Gasentwickelung fängt dann wieder schwach an und steigert sich bis zur genannten Explosion in Intervallen, die um so kürzer sind, je weniger Eisen von der Säure aufgelöst ist. Taucht man das

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXVIII. S. 444. 493.
2 Handbuch der Chemie. 4. Aufl. Bd. I. S. 317.

pulsirende und das active Ende eines Eisendrahts in Säure bei 100° C., so pulsirt oft zuerst das erstere einige Male für sich, dann auch das andere, und jedesmal gleichzeitig. Nimmt man den Draht vor dem beginnenden Pulsiren heraus, so läuft das pulsirende Ende sogleich braun an, während das nicht pulsirende blank erscheint, nach dem Pulsiren aber herausgezogen laufen beide Enden an der Luft braun an. Verbindet man einen pulsirenden und einen nicht pulsirenden Draht mit einem Galvanometer, so zeigt sich ersterer bei 100° in der Säure positiv-elektrisch, die Abweichung der Nadel nimmt zu, bis zum Eintritt des Pulsirens, worauf sie sogleich zurückgeht.

Dieses eigenthümliche Verhalten der Metalle, namentlich des Eisens, wovon hier nur die hauptsächlichsten Erscheinungen mitgetheilt worden sind, musste nothwendig die Aufmerksamkeit der Physiker erregen und sie antreiben, nach der Ursache desselben zu forschen. FARADAY[1], welchem SCHÖNBEIN seine Entdeckung mittheilte, wiederholte die Versuche unter verschiedenen Modificationen. Unter anderem fand er, dass ein Eisendraht, mit dem einen Ende eines Galvanometerdrahtes verbunden, durch das gleichzeitige Einsenken eines mit dem andern Ende desselben verbundenen Platindrahtes in Salpetersäure passiv wird, ja selbst ein kleiner Platindraht, mit einer grossen Masse Eisen verbunden, macht diese passiv, statt dass Zink den berührten Eisendraht noch activer macht. Zwei mit dem Galvanometer verbundene Drähte, ein Eisen- und Platindraht, in Salpetersäure von 1,35 spec. Gewicht getaucht, geben einen elektrischen Strom und das Eisen ist positiv, bald hört aber die Auflösung desselben auf und damit der elektrische Strom; das Eisen ist passiv. Eben diese Wirkungen geben Gold und Kohle statt des Platins. FARADAY glaubte die Ursache der Passivität des Eisens in einem dünnen Ueberzuge von Oxyd suchen zu müssen, womit dasselbe beim Erhitzen oder Eintauchen in concentrirte Salpetersäure überzogen würde und welcher dann eine weitere Oxydirung nicht gestatte, weil das gebildete Oxyd nicht aufgelöst werde, mithin der elektrische Strom bei mangelnder chemischer Action aufhören müsse. In-

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. IX. p. 53 ff.

zwischen überzeugte sich FARADAY[1] später selbst, dass diese Erklärung ungenügend sey, ohne dass ihn jedoch andere, namentlich die von MOUSSON, befriedigten. Letzterer[2] hält den Ausdruck der Passivität für eine nichts erklärende Bezeichnung, was wohl richtig ist, obgleich man ihn deswegen nicht unnütz nennen kann, da es nur auf einen die Thatsache bezeichnenden Ausdruck ankommt, FARADAY'S Erklärung verwirft er aber wegen der auffallenden Blänke der Metalle, auch stehen ihr namentlich WETZLAR'S Versuche entgegen; dagegen glaubt MOUSSON auf die Resultate seiner eigenen Versuche eine von DE LA RIVE gebilligte Erklärung gründen zu können. Da diese indess bis jetzt keinen Anklang gefunden hat, so möge es genügen, nur die wesentlichsten Puncte kurz anzudeuten. Dass die concentrirte salpetrige Säure das Eisen, und vielleicht alle Metalle, nicht angreife, wird vorausgesetzt, allein hiervon eben müsste der Grund nachgewiesen werden. Diese Säure entsteht aber durch Entziehung eines Theils Oxygen, welches die concentrirte Säure abgiebt, und legt sich als dünne Hülle an das Metall, wodurch es dann unlöslich wird, weswegen auch im ersten Momente des Einsenkens der Drähte in die Säure ein elektrischer Strom sichtbar wird, der aber dann sofort verschwindet. Dieser Strom, je nachdem er Säure zuführt oder entzieht, befördert oder hindert hierdurch die Ansammlung der salpetrigen Säure, wodurch dann der Wechsel des elektrochemischen Verhaltens der Metalle gegen Salpetersäure bedingt werden soll.

Inzwischen hat SCHÖNBEIN[3] beide Hypothesen mit den triftigsten Gründen widerlegt. Gegen die Annahme eines Ueberzugs von Oxyd könnte schon der Umstand entscheiden, dass durch wiederholtes Eintauchen in Salpetersäure von 1,35 spec. Gewicht passiv gemachtes Eisen eine weit blänkere Oberfläche zeigt, als diese sonst auf irgend eine Weise hervorgebracht werden kann. Ein passiver Eisendraht verhält sich in stark verdünnter Salpetersäure wie ein activer, aber selbst ein activer als positiver Poldraht ist in derselben passiv, was unmöglich Folge einer Oxydschicht seyn kann, da auch nach stun-

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. X. p. 175.
2 Bibl. univ. 1836. Sept. p. 165. Poggendorff Ann. Bd. XXXIX. S. 330.
3 Poggendorff Ann. Bd. XXXIX. S. 137. 342.

denlanger Einwirkung der Säure sich keine Spur von Eisen in derselben findet. Ist die Säure concentrirter, z. B. von 1,35 spec. Gewicht, so enthält diese allerdings Eisen, welches aber Eisennitrat von dem aus der Säure herausragenden Theile des Drahtes seyn soll. Sobald der elektrische Strom nicht mehr durch den Eisendraht geht, wird letzterer sofort durch die Säure angegriffen. Wie grossen Werth daher auch FARADAY auf diese Erscheinungen als Beweis für die chemische Theorie der hydroelektrischen Säule legt, weil beim Eintauchen eines Eisen- und eines mit ihm durch den Multiplicator verbundenen Platindrahtes der elektrische Strom mit dem Eintritt der Passivität des ersteren und der gleichzeitig aufhörenden chemischen Zerlegung verschwindet, so sieht man hier im Gegentheil, dass die chemische Thätigkeit mit dem Schwinden des elektrischen Stromes eintritt, weswegen auch SCHÖNBEIN völlig consequent schliesst, dass die nächste Ursache der chemischen Indifferenz des Eisens gegen Salpetersäure nothwendig unmittelbar im elektrischen Strome selbst liegen müsse, mithin das chemische Verhalten durch die Elektricität, keineswegs aber die letztere durch das erste bedingt werde. Auf keine Weise aber ist das erwähnte Pulsiren und das hieraus und aus der Wirkung des wiederholten Eintauchens der Eisendrähte in concentrirte Salpetersäure hervorgehende abwechselnde Activ- und Passivwerden derselben mit dieser Hypothese vereinbar. MOUSSON's Hypothese, wonach die Passivität des Eisens Folge der dasselbe umgebenden salpetrigen Säure seyn soll, ist von SCHÖNBEIN durch die zahlreichsten, gewichtigsten Argumente vollständig widerlegt worden. Zeigt sich unter anderm der Eisendraht am positiven Pole der Säule passiv in sehr verdünnter Salpetersäure, so ist in dieser wegen der Menge des vorhandenen Wassers die Bildung der salpetrigen Säure gar nicht möglich. Ein solcher Poldraht zeigt sich ferner auch passiv gegen Kupfersalzsolutionen, aus denen er von der Säule getrennt sofort Kupfer niederschlägt. Mit dieser Hypothese ist endlich die Uebertragung der Passivität von einem Eisendrahte auf einen mit ihm verbundenen gar nicht verträglich, vielmehr müsste hierbei nach derselben gerade das Gegentheil eintreten.

Ganz neuerdings hat L. GMELIN[1] FARADAY's Hypothese wie-

1 Handbuch. 4. Aufl. Bd. I. S. 318.

der in Schutz genommen. Erhitztes, also mit Eisenoxyd-Oxydul überzogenes Eisen wird in kalter starker Salpetersäure nicht angegriffen, in heisser löst sich dieses Oxydul auf und entsteht jederzeit neu. In Säure von dem spec. Gewichte 1,35 entsteht der Ueberzug durch die Verbindung mit Platin, welches die am Eisen frei werdende — Elektricität an das ausgeschiedene Stickoxyd überführt und die Vereinigung des Sauerstoffs mit dem Eisen an allen Puncten begünstigt. Eine gleiche Wirkung findet statt, wenn das Eisen als positive Elektrode dient. Oxydirbare Metalle, als Kupfer, heben den passiven Zustand auf, indem sie den Sauerstoff der Säure aufnehmen und die — Elektricität dem Eisen zuführen, gegen welches sich das ausgeschiedene Stickoxyd hinbewegt und mit der Oxydhülle vereint diese durch Entziehung des Sauerstoffs zerstört. Stark passives, mit einer dicken Oxydschicht überzogenes Eisen macht gewöhnliches passiv, weil über letzterem früher eine Oxydschicht gebildet wird, als die des ersteren völlig zerstört ist, und ebenso macht actives Eisen umgekehrt das passive gleichfalls activ, der passive Zustand wird aber durch alle Säuren aufgehoben, welche das Eisenoxyd leicht auflösen. Hiergegen lässt sich indess mit Grunde einwenden, dass die Voraussetzung einer wegen ihrer Dünne unsichtbaren Oxydschicht mit optischen Gesetzen im Widerspruch steht, denn die dünnsten Schichten, wenn wirklich vorhanden, haben die lebhaftesten Farben, und zwar beginnen diese mit dem Blau, und wenn das erhitzte Eisen zuerst Gelb zeigt, so ist fraglich, ob dieses der ersten Ordnung der Newton'schen Farben zugehört oder nicht vielmehr einer folgenden. Gmelin gesteht übrigens selbst, dass die Hypothese nicht alle Erscheinungen erkläre, und so lange dieses der Fall ist, muss nothwendig nach einer genügendern gesucht werden.

Der hier aufgestellten Ansicht stehen die Resultate entgegen, welche Martens [1] aus seinen Versuchen entnommen hat, wonach blanker Eisendraht durch Glühen in reinem Wasserstoffgas anlief und der blaue Ueberzug daher nicht durch eine dünne Oxydschicht erzeugt werden, mithin die dann sich zeigende Passivität von

1 Bulletin de l'Acad. de Brux. 1840. P. I. p. 393. 1841. P. II. p. 305. 1842. P. II. p. 22. Poggendorff Ann. Bd. LXI. S. 121.

seiner Oxydation unabhängig seyn soll. Inzwischen sucht BEETZ[1] durch eine Reihe interessanter Versuche darzuthun, dass aller angewandten Vorsicht ungeachtet dennoch, selbst in den mit trocknem Wasserstoffgas gefüllten Röhren leicht eine geringe Menge Feuchtigkeit vorhanden seyn könne, durch deren Zersetzung die dünne Oxydschicht gebildet werde. Nach seiner Ansicht ist dann die Passivität des Eisens eine Folge dieser Oxydschicht, weil ein in einer reinen Wasserstoffatmosphäre oder in flüssigem Metall erhitzter Eisendraht von Salpetersäure allerdings angegriffen werde. Dass übrigens das Erhitzen des Eisendrahtes diesen nicht passiv mache, sondern sogar sein Passivwerden hindere, scheint ihm aus folgenden Erfahrungen hervorzugehen. Wenn man zwei blanke Eisendrähte als Elektroden in verdünnte Schwefelsäure taucht, so wird bei starker Wasserzersetzung die positive Elektrode schwarz, wird passiv, und die Zersetzung hört auf, weil diese Elektrode negativ ist; zugleich fällt die Oxydschicht stückweise von ihr ab und sie wird blank. Lässt man dagegen die Drähte zuvor anlaufen so desoxydirt sich die negative Elektrode und die Wasserzersetzung dauert fort. Wird dann die Stromrichtung umgekehrt und dadurch auch die andere Elektrode von ihrem Oxydüberzuge befreit, so wird die dann positive Elektrode nach einiger Zeit passiv und die Wasserzersetzung hört auf. Hiernach würde also die durch den elektrischen Strom erzeugte Passivität nicht durch die Erhitzung bedingt und auch nicht durch den Oxydüberzug, denn sonst müsste die von diesem befreite und wieder blank gewordene Elektrode ihre Passivität verlieren. MARTENS hat zwar gegen diese Resultate Zweifel erhoben, allein BEETZ zeigt durch eine Reihe sehr genauer Versuche, dass das Eisen allerdings mit einer negativen Schicht an seiner Oberfläche bekleidet werde, die aber durch gewisse Behandlungen verschwinde, worauf dann das Eisen gegen anderes, vorher nicht verändertes, sich positiv zeige[2]. Hiernach muss also, ausser dem wieder verschwindenden Ueberzuge, noch eine Veränderung im Eisen selbst erzeugt werden. Eine Erklärung nicht sämmtlicher, wohl aber einzelner, Passivitätserscheinungen hat BERZELIUS gegeben, die

1 Poggendorff Ann. Bd. LXII. S. 234.

2 Ebend. Bd. LXIII. S. 415.

aber durch SCHÖNBEIN[1] aus triftigen Gründen als unstatthaft dargestellt wird. Hiernach soll der Eisendraht durch seine Verbindung mit dem positiven Pole der Säule negativ werden. Abgesehen davon, dass dieses an sich nicht wohl zulässig ist, müsste sich derselbe auch passiv zeigen, wenn er zuerst in Salpetersäure getaucht und dann der andere Poldraht in diese gesenkt wird, oder er müsste auf jeden Fall hierdurch passiv werden; allein er ist nur dann passiv, wenn die Elektrode des negativen Poles zuerst die Säure berührt. Nach BERZELIUS tritt ferner der Sauerstoff am Eisendrahte, wenn dieser als positive Elektrode in Kalilösung getaucht ist, deswegen frei auf, weil diese als elektropositiver Körper den Eisendraht elektronegativ macht; allein dieses Verhalten ist kein anderes als dasjenige, welches auch die Salpetersäure zeigt, und beide so höchst entgegengesetzte Flüssigkeiten können doch unmöglich gleiches elektrisches Verhalten haben. Nach dieser Hypothese müsste endlich ein am einen Ende passiv gemachter Eisendraht eine Säule mit zwei Polen bilden, womit aber nicht übereinstimmt, dass, je nachdem das eine oder das andere Ende zuerst in die Salpetersäure getaucht wird, beide entweder activ oder passiv werden und in beiden Fällen kein polarer Gegensatz stattfindet.

SCHÖNBEIN hat mit unverdrossenem Fleisse die Aufgabe fortwährend weiter verfolgt und dadurch über dieses ebenso wichtige als räthselhafte Verhalten viele werthvolle Aufschlüsse errungen, von denen wir die wichtigsten erwähnen wollen. Die erste Versuchsreihe[2] diente zur Beantwortung der Frage, wie sich ein am einen Ende durch Erhitzen passiv gemachter Eisendraht verhalten möge, wenn man seine beiden Enden in zwei leitend verbundene Gefässe mit Salpetersäure von 1,3 spec. Gew. einsenkt, da bekanntlich nach seinen früheren Versuchen ein solcher am einen Ende passiv gemachter Eisendraht auch am andern Ende sich passiv zeigt, wenn man ihn in das nämliche Gefäss mit dieser Säure senkt, in welches zuerst das bereits passiv gemachte Ende getaucht ist. Wurden die beiden Gefässe mit der Säure durch genässte Asbeststreifen oder durch

1 Poggendorff Ann. Bd. XLVI. S. 331.

2 Bericht über die Verhandl. der naturf. Ges. zu Basel. 1843. S. 67. Poggendorff Ann. Bd. XL. S. 193.

heberförmig gebogene gefüllte Glasröhren von 4 Z. bis 2 F. Länge oder durch einen Platindraht verbunden, so wurde das zweite eingetauchte Ende nie passiv. Ganz andere Erfolge zeigten sich aber, wenn die Schliessung mit anderen Metallen geschah. Es seyen die beiden Gefässe A und B mit Salpetersäure von 1,3 spec. Gew. gefüllt und durch einen Messing- oder Kupfer-Draht oder von irgend einem angreifbaren Metalle CPD verbunden, wobei der mittlere Theil P auch Platin oder Gold seyn kann; es werde in A das passive Ende des Eisendrahts E zuerst eingetaucht, und dann F, so wird letzteres jederzeit passiv. Ist CPD ein Eisendraht, das Ende C activ, D passiv, und taucht man das passive Ende E des Eisendrahts in A, das active F in B, so wird auch dieses passiv; sind aber beide, E und F, activ und taucht man E zuerst in A, dann F in B, so wird F gleichfalls passiv, und so jeder folgende Draht, den man auf gleiche Weise eintaucht. Ist das Ende C des verbindenden Eisendrahtes activ, D durch Eintauchen in rauchende Salpetersäure passiv, senkt man in B das active Ende F und dann in A das active Ende E, so werden im Augenblick alle vier Enden, also auch D, activ. Sind die Gefässe durch mehrere Drähte CPD verbunden, deren sämmtliche Enden D vorher auf gleiche Weise passiv gemacht waren, so werden sie alle durch das Eintauchen von F und dann E activ.

Fig. 36.

Als Ursache des nicht eintretenden Zustandes der Passivität, wenn beide Gefässe durch Asbest, Röhren oder Platindraht verbunden sind, betrachtet Schönbein den Mangel der elektrischen Leitung. Wird das passive Ende eines Drahtes in ein Gefäss mit Salpetersäure getaucht, und dann das active Ende desselben in dieses nämliche, so geht der elektrische Strom nach dem Schema der Zeichnung von p nach n und von da nach p zurück, was nicht stattfindet, wenn die Leitung unvollkommen ist, und dieses wird sie namentlich auch durch Platin, bei welchem der Uebergang der Elektricität schwer ist. Gegen diese Ansicht dürfte sich indess der Zweifel aufdrängen, dass gerade das Ende n einen entgegengesetzt elektrischen Zustand des zweiten Pols annehmen müsste, wenn die Passivität auf einem gewissen elektrischen Verhalten, einer stromerregenden Polarität beruhte. Die übrigen Erscheinungen lassen sich dann aus der erleichterten Strömung ableiten, die zwischen der Flüssigkeit und den von ihnen angegriffenen Metallen

Fig. 37.

stattfindet, mit Rücksicht auf die gleichzeitig erzeugten Gegenströme. Allerdings zeigen sich bei dieser Erklärung noch einige Schwierigkeiten, allein es dürfte wohl noch zu früh seyn, auf diese Einzelnheiten einzugehen, bevor nicht die Hauptsache genügend begründet ist.

Das Verhalten des Eisens gegen eine gesättigte Lösung von Kupfervitriol bildet den Gegenstand neuer Untersuchungen von SCHÖNBEIN [1]. Wird ein mit dem positiven Pole einer Volta'schen Säule verbundener Eisendraht in diese Lösung gesenkt, nachdem schon die Elektrode des negativen Poles in dieselbe getaucht ist, so wird ersterer passiv; es schlägt sich kein Kupfer an ihm nieder und entwickelt sich Sauerstoffgas. Ebenso fället ein Eisendraht, den man durch einmaliges Eintauchen in concentrirte oder durch mehrmaliges in gewöhnliche Salpetersäure passiv gemacht hat, kein Kupfer aus dieser Lösung. Ist der Draht dagegen durch Erhitzen, durch Vergolden oder Verplatiniren gegen Salpetersäure passiv gemacht, so verhält er sich activ gegen Kupfervitriolsolution. Dieses Ausbleiben der Passivität leitete SCHÖNBEIN von der schlechteren elektrischen Leitungsfähigkeit der Vitriollösung ab, die das Entstehen eines hinlänglich starken elektrischen Stromes hindere; inzwischen gewahrte er noch folgende Erscheinungen. Lässt man einen mit dem positiven Pole einer etwas kräftigen Säule verbundenen Eisendraht in einer gesättigten Solution Bleizucker, in welche auch die negative Elektrode gesenkt ist, 8 bis 10 Minuten eingetaucht, so hat man hierdurch einen Versuchsdraht, dessen eingetauchtes, also passives Ende a, das andere active aber b heissen möge. Ein solcher Draht verhält sich passiv gegen verdünnte Salpetersäure jeder Art, übertrifft also an Stärke der Passivität jede auf anderweitige Weise, ausser die durch Verbindung mit dem positiven Pole erzeugte. Merkwürdig ist dabei, dass, wenn das Ende a des Versuchsdrahtes zuerst und dann b in verdünnte Salpetersäure getaucht wird, das Bleihyperoxyd nach und nach verschwindet, und die Passivität aufhört, wenn die letzte Spur desselben verschwunden ist. Taucht man das Ende a des Versuchsdrahtes zuerst in Kupfervitriollösung, und dann das Ende b, so wird letzteres passiv, und es schlägt sich weder an diesem, noch am ganzen Drahte Kupfer nieder,

1 Poggendorff Ann. Bd. XLI. S. 41.

doch dauert dieser passive Zustand nur so lange, als sich beide Enden in der Lösung befinden. Ein mit diesem Versuchsdrahte verbundener Draht wird gleichfalls passiv, bleibt dieses aber nur so lange, als die Verbindung dauert. SCHÖNBEIN setzte mit Recht voraus, dass hierbei ein, wie oben beschriebener, Strom von b nach a stattfinden müsse, und Versuche mit feinen Galvanometern überzeugten ihn auch von der Existenz desselben, nur schien ihm dieses räthselhaft, weil ein solcher ohne chemische Action, die hier gänzlich fehlt, nicht stattfinden könne; doch dürften alle Erscheinungen sich leichter erklären lassen, wenn er diesen noch keineswegs bewiesenen, durch die den hydroelektrischen gleichen thermoelektrischen und magnetoelektrischen Ströme, durch die Induction und den Volta'schen Fundamentalversuch genügend widerlegten Satz aufgeben wollte. Wurde der Versuchsdraht mit seinen beiden Enden in zwei Gefässe eingetaucht, so zeigten sich im Ganzen die so eben vorher beschriebenen Erscheinungen. Nimmt man in den eben beschriebenen Versuchen statt der Bleizuckersolution eine Auflösung von salpetersaurem Silber, so wird das Eisen darin auf gleiche Weise passiv[1].

Die letzten Untersuchungen SCHÖNBEIN's[2] vervollständigen die fast unübersehbare Menge von Thatsachen, deren Uebereinstimmung im Ganzen ihn aber zugleich zu einem Versuche der Erklärung vermag. Die vorletzte Versuchsreihe wurde auf folgende Weise angestellt. Beide Elektroden einer kräftig wirkenden zusammengesetzten Säule wurden in Quecksilbernäpfchen geleitet; aus demjenigen der letzteren, welches dem positiven Pole angehörte, ging ein Eisendraht in ein Gefäss mit ein Zwölftel Schwefelsäure enthaltendem Wasser, aus dem anderen, dem negativen Pole angehörenden, ein Platindraht in eben dieses Wasser. Unter diesen Umständen wird der Eisendraht bekanntlich passiv, er gleicht dem Platin, und am negativen Drahte zeigt sich eine unmerkliche oder gar keine Wasserstoffgasentbindung. Dieser Zustand der Unthätigkeit kann aufgehoben und eine grössere oder geringere Wasserstoffgasentbindung hervorgerufen werden: 1) wenn man die Platinelektrode einen Augenblick in Berührung setzt mit der positiven

1 Poggendorff Ann. Bd. XLIII. S. 103.
2 Ebend. Bd. LVII. S. 63. Bd. LIX. S. 421.

Eisenelektrode und dann beide wieder entfernt; doch dauert die dann eintretende Wasserzersetzung nicht lange und der Passivitätszustand tritt wieder ein. 2) Wenn man die geschlossene Kette an irgend einer Stelle auf einige Augenblicke öffnet, so tritt beim Wiederschliessen Wasserzersetzung ein, die aber gleichfalls bald wieder aufhört. 3) Wenn man die Eisenelektrode in der Flüssigkeit mit einem oxydirbaren Metalle, als Zink, Zinn, Eisen, Kupfer oder selbst Silber, berührt; auch dieses dauert nur wenige Secunden. 4) Wenn man beide Quecksilbernäpfchen durch einen etwa 3 Z. langen und 0,5 Lin. dicken Kupferdraht verbindet und diesen nach einigen Secunden wieder entfernt; auch dieses dauert nur kurze Zeit. 5) Wenn man den Eisendraht, ohne ihn aus der Flüssigkeit zu bringen, lebhaft bewegt.

Hierzu kommen noch folgende beachtenswerthe Erscheinungen. Wird die Eisenelektrode vorher in einer Säure oxydirt oder vor dem Schliessen der Säule in die Zersetzungszelle getaucht, so findet beim Schliessen Wasserstoffgasentwicklung statt, die jedoch bald aufhört. Wird der erwähnte Kupferdraht bis 6 Zoll verlängert, so zeigt sich geringe Wasserstoffgasentbindung an der negativen Elektrode und nimmt zu mit der Verlängerung des Drahtes bis zu 16 Fuss, bei noch grösserer Verlängerung dauert es einige Zeit, bis nach hergestellter Verbindung der Quecksilbernäpfchen durch den Kupferdraht Wasserstoffgas an der negativen Elektrode sich entwickelt, die nach einigen Secunden wieder aufhört, nachher wieder beginnt und in diesem Wechsel einige Zeit beharrt; ist endlich der Kupferdraht etliche hundert Fuss lang, so zeigt er gar keinen Einfluss. Uebrigens lässt sich bei diesen für die Theorie wichtigen Erscheinungen schon im voraus vermuthen, was auch die Erfahrung vollkommen bestätigt, dass die Länge und Dicke der Kupferdrähte mit Rücksicht auf die Wirkungskraft der gebrauchten Säulen sich wechselseitig bedingen und dass die Erscheinungen bei Drähten von anderen Metallen verschieden sind, weil es auf das Mass des Widerstandes ankommt, welchen sie dem elektrischen Strome entgegensetzen. Enthält die Zersetzungszelle Salzsäure, Brom-Iod-Fluor-Wasserstoffsäure, oder eine Lösung von Kochsalz, Bromkalium, Iodkalium oder irgend ein Haloidsalz, so finden die Erscheinungen nicht statt, die sich ausser der verdünnten Schwefelsäure noch in verdünnter Sal-

petersäure und Phosphorsäure zeigen; auch treten sie nur bei Anwendung des Eisens als positiver Elektrode auf, in sehr geringem Grade auch beim Kupfer.

Endlich reihen sich hieran noch folgende Erscheinungen. Umwickelt man einen gewöhnlichen Eisendraht mit dünnem Platindraht und senkt ihn als positive Elektrode in verdünnte Schwefelsäure, in welche zugleich die negative Platinelektrode geleitet ist, so entwickelt sich am umgewundenen Platindrahte gar kein Wasserstoffgas und an der negativen Elektrode nur wenig; wird aber dann die Kette geöffnet, doch so, dass der umwundene Eisendraht in der Flüssigkeit bleibt, und wartet man so lange, bis sich Wasserstoffgas am Platindraht entwickelt, so wird beim Wiederschliessen der Kette auch am negativen Poldrahte Wasserstoffgas frei, was jedoch nach einiger Zeit wieder aufhört. Ueberzieht man einen gewöhnlichen Eisendraht mit Bleihyperoxyd dadurch, dass man ihn 30 Secunden lang als positive Elektrode in eine concentrirte Lösung von Bleizucker taucht und dann mit Wasser abspült, und senkt man ihn dann als positive Elektrode einer einfachen Säule in verdünnte Schwefelsäure, so dass ein Theil des nicht mit Hyperoxyd überzogenen Drahtes von der Flüssigkeit umgeben wird, so entwickelt sich kein Wasserstoffgas an der negativen Platinelektrode, selbst dann nicht, wenn man auf die so eben angegebene Weise die Kette öffnet und dann wieder schliesst. Indess beginnt die Wasserelektrolyse sogleich, wenn man den präparirten Draht mit einem sehr oxydirbaren Metalle berührt, ausser mit Eisen, welches dann sehr bald gleichfalls passiv wird. Die eigenthümliche Wirksamkeit des so präparirten Drahtes dauert indess nur so lange, bis in kurzer Zeit das Hyperoxyd aufgelöst ist, worauf dann der Draht sich wie ein gewöhnlicher verhält. Ist der präparirte Eisendraht als positive Elektrode mit dem einen Ende in ein Quecksilbernäpfchen, mit dem andern in die Säure eingetaucht, und senkt man eine beliebige Menge gewöhnlicher Eisendrähte bei fortdauernd geschlossener Kette zuerst in das Quecksilber, dann in die Säure, so werden alle gleichfalls negativ, wie der Versuchsdraht. Nimmt man statt der Eisendrähte andere Drähte von Kupfer, Zinn, Cadmium u. s. w., so zeigt sich lebhafte Gasentwicklung an der negativen Elektrode. Auffallend hierbei ist, dass das Bleihyperoxyd, eben wie das Silberhyperoxyd, noch mehr als das Pla-

tin elektronegativ sind und demnach mit Eisen verbunden dieses so stark negativ elektrisch machen.

Es war vorauszusehn, dass Schönbein auch eine Hypothese zur Erklärung dieser Erscheinungen versuchen würde, und keine andere Hypothese dürfte in gleichem Grade die Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit für sich haben, als die seinige, da niemand eine so vollständige Uebersicht der ganzen Summe der sämmtlichen Thatsachen haben kann, als er selbst durch die mühsame Aufsuchung derselben sich erworben hat. Wir wollen seine Theorie kurz zusammenstellen, der man deutlich die Furcht ansieht, der chemischen Theorie der Säule zu nahe zu treten. Zuerst führt er die Thatsache an, dass das Eisen als positive Elektrode seine Affinität zum Sauerstoff verliert und zum negativ elektrischen Metalle wird. Dass irgend eine elektrische Thätigkeit diesen Zustand des Eisens hervorrufe, unterliegt keinem Zweifel, denn er hört auf, sobald das Eisen nicht mehr die positive Elektrode bildet. Man könnte geneigt seyn, diese Wirkung von einem eigentlichen elektrischen Strome abzuleiten, der sich auch stets wieder einstellt, wenn die Kette geöffnet gewesen und das Eisen wieder in seinen natürlichen Zustand übergegangen ist; die hierbei stattfindenden Wechsel zeigen also den Conflict der elektrischen Strömung und der sie aufhebenden wieder beginnenden Passivität, ein Conflict, welcher besonders deutlich hervortritt, wenn der Strom durch weniger oder mehr Widerstand leistende Kupferdrähte partiell abgeleitet wird. Unverkennbar macht der stärkere elektrische Strom das Eisen in einem solchen Grade passiv, dass die Elektrolyse fast ganz verschwindet; der durch Ableitung schwächere lässt sie in geringerem Grade zu. Hierbei ist der durch die Eisenelektrode gehende Strom offenbar stärker, weil das Eisen weniger passiv ist, und durch gehörige Ableitung eines Theils des Stromes lässt sich ein gewisser mittlerer Zustand erreichen, in welchem die Elektrolyse unausgesetzt fortdauert. Hierbei die Passivität des Eisens als unmittelbare Folge des elektrischen Stromes zu betrachten findet darin ein Hinderniss, dass unmöglich eine stärkere Passivität mit einem geringeren Strome ursächlich zusammenhängen könnte. Die zu den Versuchen verwandte Säule war übrigens so stark, dass sie einen mehrere Zoll langen, 0,5 Lin. dicken Platindraht glühend machte und einem Elektromagnet über 300 ℔ Tragkraft gab. Wurde nun

der Strom einer solchen Säule durch irgend eine Ursache gehindert, so waren doch die Elektroden stets im Zustande einer bedeutenden Spannung, und die Passivität des Eisens scheint sonach die Folge nicht sowohl eines wirklichen Stromes, als vielmehr dieser Spannung zu seyn, die partiell durch Ableitung eines Theils des Stromes aufgehoben wird. Die noch eine Zeit lang fortdauernde Elektrolyse des gesäuerten Wassers nach Wegnahme des ableitenden Kupferdrahtes lässt sich als Folge einer Trägheit betrachten, sofern die Strömung noch einige Zeit fortdauert, bis die wachsende Passivität der Eisenelektrode sie aufhebt. Setzt man also in den gegebenen Erklärungen statt Strom vielmehr Spannung[1], so sind sie der aufgestellten Hypothese gemäss. Allerdings kann ein kräftiger Strom stattfinden, ohne dass die Passivität des Eisens ihn aufhebt, z. B. wenn er durch eine kräftige zusammengesetzte Säule erregt und durch gesäuertes Wasser geleitet wird, denn in diesem Falle ist zwar der Widerstand sehr gross, wird aber dennoch durch die Kraft der Säule überwunden. Endlich beharrt das passiv gemachte Eisen in diesem seinem Zustande und wird von der Salpetersäure nicht angegriffen, die sonst sehr stark auf dasselbe wirkt, woraus hervorgeht, dass es zur Erhaltung dieses Zustandes nicht ausschliesslich eines dauernden elektrischen Stromes bedarf.

Wenn man berücksichtigt, dass das, was hier zur Erklärung der Phänomene durch Spannung bezeichnet wird, nichts anderes ist, als der negativ-elektrische Zustand des Eisens, sofern es dadurch indifferent gegen den Sauerstoff und also den negativen Metallen ähnlich wird, so ist die ganze Summe der Thatsachen zwar im hohen Grade wichtig und interessant, sie schliesst sich aber andern bekannten Thatsachen an, und ihre Erklärung dürfte dadurch mindestens erleichtert werden, wenn wir auch das eigentliche Wesen der Elektricität genau zu erkennen noch nicht vermögen. Das Eisen wird negativ-elektrisch, eben wie das Kupfer, durch Verbindung mit Zink; vom Letzteren hat Davy eine fruchtbare Anwendung zur Sicherung der Schiffsbeschläge, von Ersterem v. Althaus[2] zur Si-

1 Vergl. Martens in Bullet. de la Soc. de Brux. T. X. P. II. p. 406.

2 Poggendorff Ann. Bd. XLVII. S. 213. Das Mittel hat sich seit 1839 bis jetzt fortdauernd bewährt gezeigt.

cherung eiserner Salzsiedepfannen gemacht. Bis so weit folgt die Sache aus dem Volta'schen Fundamentalversuche von selbst, es wäre aber kaum mit den Vorstellungen vom elektrischen Verhalten der Körper in Einklang zu bringen, wenn man, obendrein ohne vorher die Erfahrung zu befragen, annehmen wollte, dass bloss der Contact mit festen Körpern Metalle negativelektrisch oder passiv machen könnte und nicht auch der Contact mit Flüssigkeiten. In den mitgetheilten Erscheinungen zeigt sich nun deutlich, dass das Eisen negativ-elektrisch wird durch den Contact mit Sauerstoffsäuren und Sauerstoffsalzen, nicht aber mit sonstigen Chlor-, Iod- und Brom-Verbindungen, dass ferner dieser negative Zustand erzeugt oder wohl mehr nur verstärkt wird durch Verbindung mit dem positiven Pole der Säule, was allerdings eine merkwürdige und höchst auffallende Erscheinung ist, obgleich die so erzeugte Negativität für Haloidverbindungen nicht genügt. Auf diese Weise wird alles klar und leicht begreiflich, unauflösliche Schwierigkeiten dagegen entstehen nur dann, wenn man die sogenannte chemische Theorie der Elektricität bis zu der Ausdehnung retten will, dass ohne Chemismus einmal keine Elektricität entstehen und ohne chemische Zerlegung kein Strom erzeugt werden soll, was jedoch durch andere Erscheinungen, namentlich die thermomagnetischen, zur Genüge widerlegt wird. Dasjenige Verhalten, welches SCHÖNBEIN aus einer Trägheit (einer Beharrung) des elektrischen Stromes herleitet, verdient eine specielle Beachtung, weil es auf ein eigentliches Strömen des elektrischen Fluidums deutet und dadurch zu einer Sphäre gehört, worüber noch fast absolute Dunkelheit herrscht.

Die hier mitgetheilten Erscheinungen der Passivität des Eisens verdienen die ihnen zu Theil gewordene Ausführlichkeit der Darstellung; es lassen sich ihnen jetzt einige verwandte Erscheinungen kurz hinzufügen. Dahin gehört wohl vor allen Dingen die Bemerkung von SCHÖNBEIN [1], dass Nickel und Kobalt keineswegs sich in der fraglichen Beziehung wie Eisen verhalten und daher die Passivität des letzteren Metalls keine Folge seines magnetischen Verhaltens seyn kann. Eine Legirung von gewöhnlichem Drahteisen, mit 1 Proc. Platin zusammengeschmolzen, zeigte sich gegen gewöhnliche Salpetersäure

1 Poggendorff Ann. Bd. XLIII. S. 18.

selbst in höherer Temperatur vollkommen indifferent. Wenn aber HARTLEY gefunden haben will, dass Eisen mit Messing voltaisch combinirt gegen Seewasser indifferent werden soll, so stimmt dieses nicht mit den Resultaten überein, welche SCHÖNBEIN erhielt, als er die Versuche mit Seewasser und gewöhnlichem Salzwasser wiederholte. Mir ist nicht bekannt, ob HARTLEY die Täuschung zugestanden oder sich gegen den Vorwurf derselben gerechtfertigt habe; es darf indess nicht übersehen werden, dass es je nach dem veränderlichen Antheile von Zink verschiedene Sorten Messing giebt, und beide Gelehrte könnten daher mit ungleichen Metallen experimentirt haben, doch stimmt SCHÖNBEIN's verneinendes Resultat mit anderweitigen unbestreitbaren Thatsachen überein.

Vorzüglich hat ANDREWS[1] die Passivität einiger Metalle zum Gegenstande eigener Untersuchungen gemacht. Er brachte ein Stück Wismuth in eine grosse Menge Salpetersäure von 1,4 spec. Gewichte und berührte es darin mit einer grossen Platinplatte, worauf die Auflösung fast ganz aufhörte und das Wismuth einen eigenthümlichen Glanz annahm. Nach Entfernung des Platins begann die Lösung des Wismuths zuweilen, in einigen Fällen aber ward es mit einer dunklen Haut überzogen, und löste sich kaum merklich, ja sogar um so langsamer, je häufiger die Säure erneuert wurde. Bei wiederholter Berührung mit Platin erhöhte sich sein Glanz, es überzog sich dann mit einer dunkeln Haut, die sich aber wieder entfernte und das blanke Metall zurückliess. Aehnlich erhielt sich das Kupfer. SCHÖNBEIN[2] wiederholte den Versuch mit Wismuth und fand, dass dieses Metall innerhalb der Salpetersäure mit Platin berührt allmälig nicht mehr aufgelöst wird und diesen Zustand der Passivität nach Entfernung des Platins beibehält. Wird dieses Metall in salpetrige Säure getaucht, welche dasselbe nicht angreift, und dann in Salpetersäure von 1,4 spec. Gewichte, so verhält es sich, als wenn es mit Platin berührt wäre. Dennoch aber wird dieses Metall nicht, wie Eisen, vollkommen passiv, sondern nur in einem geringen Grade, wobei eine schwache Auflösung fortdauert, wie sich

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. 75. T. XII. p. 305. Poggendorff Ann. Bd. XLV. S. 121.

2 Poggendorff Ann. Bd. XLIII. S. 1.

daraus ergiebt, dass es mit dem Galvanometerdrahte verbunden einen fortdauernden elektrischen Strom zeigt, mit passivem Eisen in Berührung gebracht dieses activ macht, und die Menge des aufgelösten Metalls sich stets mehrt. SCHÖNBEIN will hiernach die Passivität des Wismuth aus einer anderen Ursache, als die des Eisens, ableiten, wozu jedoch kein genügender Grund vorhanden seyn dürfte. Das Entstehen und Verschwinden des schwarzen Ueberzuges nahm er übrigens gleichfalls wahr, und ausserdem sah er Blasen an dem berührenden Platin auftreten, was nicht wohl Wasserstoffgas seyn kann, indem dieses einen Theil der Salpetersäure in salpetrige verwandeln müsste. Die Quanlität des Gases war zu gering, um seine Beschaffenheit zu ermitteln. ANDREWS hat seine Untersuchungen fortgesetzt und findet das Verhalten des Wismuth dem des Eisens gleich, nur hält er dessen Passivität für geringer. Er machte eine kleine Wismuthstange zur positiven Elektrode einer kleinen Säule aus zwei Plattenpaaren Platin und amalgamirten Zinks und tauchte sie in Salpetersäure von 1,4 spec. Gewichte, die sich in einem Platinschälchen befand, mit welcher die negative Elektrode verbunden wurde. Die Elektrolyse hörte auf, so lange die Kette geschlossen war, trat aber nach Oeffnung derselben wieder ein, doch konnte die Passivität des Wismuth einer stärkeren Säule von 20 Plattenpaaren nicht widerstehen. Weil FARADAY[1] gefunden hatte, dass Eisen als positive Elektrode einer stärkeren Säule aufgelöst wird, so wiederholte er dessen Versuche und fand die Thatsache unter gewissen Bedingungen bestätigt, doch dürfen in dieser Beziehung wohl SCHÖNBEIN's Resultate als die entscheidenderen gelten. In Salpetersäure von 1,5 spec. Gewichte löst sich ein kleines Stück Wismuth nur sehr langsam auf, in solcher von 1,4 spec. Gewichte erfolgte nach einigen Stunden eine starke Auflösung, hört dann aber bald auf und es folgt eine sehr langsame. Zinn wird in Salpetersäure von 1,5 spec. Gewichte passiv, in solcher von 1,47 spec. Gewichte gleichfalls, wenn sich die Säure in einem Platingefäss befindet und das Zinn mit diesem in Berührung steht, oder wenn es die positive Elektrode einer Säule bildet. Kupfer wird in Säure von 1,5 spec. Gewichte passiv, in solcher von 1,47 spec. Gewichte erfolgt erst Auflö-

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. IX. p. 62.

sung, dann aber tritt Passivität ein, welche durch Berührung mit Platin gleich erfolgt. Zink kann nur als positive Elektrode oder durch Verbindung mit Platin passiv gemacht werden. ANDREWS sagt allgemein: „Der Contact eines elektronegativen Metalls erhöht die gewöhnliche Wirkung einer Sauerstoffsäure auf ein elektropositives Metall, wenn diese Säure so verdünnt ist, dass das letztere Metall durch Wasserzersetzung oxydirt wird, dagegen verzögert oder vernichtet er diese Wirkung, wenn die Säure so concentrirt ist, dass jenes Metall vermöge der Zersetzung der Säure selbst oxydirt werden müsste." Bis jetzt erstrecken sich die Versuche indess bloss auf Salpetersäure.

Zus. Eine ausführliche Abhandlung über die gemessenen Pendellängen, über die Formeln, mittelst deren man hieraus die Abplattung findet, eine Tabelle der gemessenen Pendellängen, die Ursachen der Abweichungen der beobachteten und be-

rechneten Grössen u. s. w. hat H. G. BORENIUS verfasst[1]. Er will einen Einfluss der östlichen und westlichen Länge von Paris auf die Länge des einfachen Secundenpendels gefunden haben, welcher für die auf den Aequator reducirten Pendellängen durch folgende Formel ausgedrückt werden kann[2]:

$$L = 991{,}086775 + 0{,}036093 \sin. (l - 23^0 34') + 0{,}152745 \sin. (2l + 56^0 7') + 0{,}080731 \sin. (3l + 16^0 6'),$$

worin L die Pendellänge in Millimetern, l die Länge östlich von Faris bezeichnet, oder, wenn man nur zwei Glieder gebraucht,

$$L = 991{,}0951 + 0{,}054444 \sin. (l - 60^0 15') + 0{,}125345 \sin. (2l + 50^0 43').$$

Der englische Uhrmacher DENT verwirft die gläsernen Gefässe der Quecksilberpendel, weil sie zerbrechlich sind, weswegen sie sich nicht mit Quecksilber gefüllt versenden lassen. Ausserdem muss das Quecksilber ausgekocht werden, um die Luft daraus zu entfernen, was bei gläsernen Gefässen sich nicht wohl bewerkstelligen lässt. Statt ihrer wählt er daher gusseiserne, deren innerer Raum sich ausserdem leicht als vollkommener Cylinder darstellen lässt, was bei gläsernen nicht wohl erreichbar ist. In diesen wird das Quecksilber ausgekocht und dann verschlossen versandt, die Ausdehnung des Gusseisens lässt sich genau berechnen, auch senkt er die Stange durch den verschliessenden Deckel bis in das Quecksilber hinab, damit beide genau die nämliche Temperatur annehmen[3]. Vor allen Dingen muss das Quecksilber gegen Feuchtigkeit geschützt werden, damit das Eisen wegen des galvanischen Einflusses nicht roste.

---

1 Bullet. de la Classe Physico-math. de l'Acad. Imp. des Sc. de St. Petersb. T. I. N. 1.

2 L'Instit. 9me Ann. 1841. N. 416. p. 420.

3 Miscellen über Uhren. Aus C. L. v. LITTROW'S Kalender für alle Stände. Wien. 1845. S. 18.

---

1 Eine ausführliche Untersuchung über das Perpetuum mobile nebst der Erzählung vieler misslungener Versuche, dasselbe darzustellen, findet man in Bibl. Brit. T. XII. p. 249. 251. 369.

Zus. Nach LA GALLA [1] kannte GALILEI schon früher als CASCARIOLO die leuchtende Eigenschaft des Bononischen Steins, indem Letzerer sie erst vor 1630 entdeckte [2].

---

1 De Phaenomenis in orbe Lunae. Venet. 1612. p. 58.

2 Priestley's Geschichte der Optik. S. 265.

Interessante Versuche über die Phosphorescenz des Bononischen Steins durch Bestrahlung mit Sonnen-, elektrischem und Phosphorlicht hat MATTEUCCI [1] angestellt, woraus hervorgeht, dass das violette Licht die stärkste, das über das Spectrum hinausgehende und das indigfarbene schwächere, die übrigen farbigen Strahlen kaum wahrnehmbare Phosphorescenz erzeugen. Geht das Licht vorher durch gefärbte Substanzen, so zeigt sich das nämliche Verhalten. Die Stärke der Phosphorescenz wird nicht durch die Transparenz, wenig durch die Dicke, sehr dagegen, bis zum Verschwinden, durch Farbe und Beschaffenheit der transparenten Körper bedingt, durch welche das Licht vorher fällt.

Vorzugsweise hat EDMUND BECQUEREL [2] die Phosphorescenz durch elektrisches Licht zum Gegenstande zahlreicher Untersuchungen gemacht. Vorläufig überzeugte er sich, dass das durch Insolation erzeugte Licht mit Schwefelcalcium geglühter und gepulverter Austerschalen im luftverdünnten Raume nicht schneller abnimmt, als in der Atmosphäre. Ebenso brachte er ein Schälchen mit solchem Pulver unter einer Gypsplatte in eine Campane, exantlirte, liess dann einen elektrischen Funken aus 18 Flaschen hinüberstreichen, und erhielt eine ebenso starke Phosphorescenz, als wenn sich Luft in der Campane befand. Zwei neben einander stehende gläserne Ballons mit langen Hälsen waren so eingerichtet, dass der eine mittelst eines Hahns auf die Pumpe geschraubt und die Luft in ihm verdünnt oder bis zu vier Atmosphären verdichtet werden konnte; durch beider Mitte ging eine Vorrichtung von Draht, vermöge deren der nämliche Batteriefunke von zwei Kugeln über das zum Phosphoresciren zu bringende Pulver überschlug. Es ergab sich aus den Versuchen, dass der Funke in verdünnter Luft die Phosphorescenz weniger, in verdichteter stärker erregt, als unter atmosphärischem Drucke. War der Ballon mit Kohlensäure gefüllt, so liess sich ein Unterschied wohl wahrnehmen, aber nicht genau bezeichnen. Um zu versuchen, ob die Phosphorescenz Folge eines elektrischen Stosses sey, liess er den elektrischen Flaschenfunken in einer Entfernung von 2

---

1 Bibl. univ. de Genève. N. 79. Juli 1842. p. 159.

2 Bibl. univ. N. S. T. XX. p. 344. Compt. rend. T. VIII. p. 216 ff. Poggendorff Ann. Bd. XLVIII. S. 540. Bd. XLIX. S. 543.

Centimetern über das Austerschalenpräparat hinstreichen und erhielt sowohl hierdurch, als auch wenn dieses in Abständen von 1, 5, 20, 30 Centim. geschah, Phosphorescenz, die jedoch mit der Entfernung schwächer wurde. Wird über ein wenig erregbares solches Pulver der elektrische Funke in der Entfernung von etlichen Decimetern hingeleitet, so ist das phosphorische Licht anfangs schwach, nimmt aber zu bei der Wiederholung der Schläge, und zugleich bemerkte man dabei eine Vermehrung des Geruchs nach Schwefelwasserstoffgas, was auf eine vermehrte Zersetzung deutet. Der Einfluss der Schirme ergab sich aus folgenden Versuchen, wobei das mit frisch geglühten Austerschalen gefüllte Schälchen sich stets in 2 Centimeter Abstand von den Kugeln befand, zwischen denen der Funke übersprang, der Beobachter aber im dunkeln Zimmer die Augen so lange verschlossen hielt, bis er den Knall des Funkens gehört hatte. Der frei über den Phosphor hinstreichende Funke erregte ein starkes Leuchten; als eine 3 Millim. dicke Glasplatte dazwischen gebracht war, zeigte sich ein sehr schwaches Leuchten, noch schwächer bei einer 8 Millim. dicken, obgleich von sehr durchsichtigem Glase; selbst eine nur 1 Millim. dicke Glasplatte und eine 0,5 Millim. dicke Platte Glaspapier (dünne Tafel von Gallerte) gab schwache Phosphorescenz. Eine 2 Millim. dicke Tafel rothes (mit Kupferoxydul gefärbtes) Glas benahm dem Funken alle Licht erregende Kraft, violettes dagegen verhielt sich wie ungefärbtes, blaues wirkte schwächender als violettes, gelbgrünes dagegen wie rothes. Becquerel verfertigte demnächst zusammengesetzte Platten aus zwei Substanzen, die an ihren Rändern so zusammengekittet waren, dass ihre beiderseitigen Flächen in derselben horizontalen Ebene lagen; sie wurden so auf die Schälchen gelegt, dass die Linie ihrer Verbindung mitten zwischen den Kugeln des Entladers mit der Richtung des Funkens rechte Winkel bildete. Bei Anwendung einer 3,65 Millim. dicken Glasplatte und einer 5,953 Millim. dicken Bergkrystallplatte war das Pulver unter der Glasplatte fast dunkel, unter der Bergkrystallplatte weit stärker leuchtend; das Leuchten verschwand bald und theilte sich vorher der dunklern Hälfte etwas mit. Die Wiederholung des Versuchs nach Umdrehung der Platte gab ein gleiches Resultat; die Grenze zwischen der dunklen und leuchtenden Hälfte war scharf. Bei der Anwendung einer aus 3,55 Millim. dickem

Glase und 7,6 Millim. dickem Gypse zusammengesetzten Platte war die Phosphorescenz unter der Gypsplatte, die sich auch sehr diatherman zeigt, ungleich stärker, als unter der Glasplatte und selbst als unter der Bergkrystallplatte. Uebrigens waren beide Platten gleich durchsichtig. Die nämliche Glasplatte mit einer weit weniger durchsichtigen, 41,2 Millim. dicken, senkrecht gegen die Axe geschnittenen Platte von Bergkrystall verbunden zeigte bloss unter der letzteren entschiedene Phosphorescenz. War das Schälchen mit Papier bedeckt, in dessen Mitte sich ein kleines Löchelchen befand, so entstand unter diesem ein phosphorescirender Punct, von welchem aus sich das Leuchten allmälig über die ganze Fläche verbreitete. Der Verfolg der weiteren Untersuchungen führte zu dem merkwürdigen Resultate, dass der gebrauchte Phosphor durch wiederholte Einwirkung des elektrischen Funkens an Empfindlichkeit zunahm, die bereits angestellten Versuche wurden daher wiederholt, gaben aber mit Rücksicht auf diesen Einfluss im Ganzen die nämlichen Resultate. Eine senkrecht gegen die Axe geschnittene Rauchtopasplatte von 21,75 Millim. Dicke, mit einer klaren Glasplatte von 3,55 Millim. Dicke auf die angegebene Weise verbunden und über das Schälchen mit frisch bereitetem Austerschalenphosphor gelegt, zeigt erst in 12, dann in 7 Centim. Abstand des überschlagenden Funkens eine merkliche Erzeugung der Phosphorescenz, während die Glasscheibe sie gänzlich hinderte. Letzteres wäre bei grösserer Empfindlichkeit der Substanz nicht der Fall gewesen, es war aber so besser, um den Unterschied stärker wahrzunehmen. Eine schräg gegen die Axe geschnittene klare Rauchtopasplatte von 90 Millim. Dicke zeigte schwache, aber doch kenntliche Erzeugung phosphorischen Lichtes. Endlich wurde das Schälchen mit einer 3,5 Millim. dicken Wasserschicht, die zwischen zwei klaren, senkrecht gegen die Axe geschnittene Platten Bergkrystall eingeschlossen war, bedeckt, über diese eine Blendung von undurchsichtigem Papier mit einem runden Loche gelegt, und es entstand dann unter dem letzteren ein phosphorischer Schein von nicht näher verglichener Stärke.

Eine Reihe von Versuchen über Phosphorescenz durch Insolation, welche Osann[1] mit Phosphoren angestellt hat, die

1 Kastner's Archiv. Bd. V. S. 88. Poggendorff Ann. Bd. XXXIII. S. 405.

man durch Glühen von Austerschalen mit zwischenliegenden Schichten von Realgar oder Schwefelantimon in einem hessischen Tiegel erhält, verdient hier noch erwähnt zu werden. Die mit Realgar bereiteten geben blaues und violettes, die mit Schwefelantimon bereiteten ein grünes Licht. Auf gebrannte Austerschalen mit Schwefelquecksilber geglüht und an der Luft zerfallener Schwefelantimonphosphor, in einem Tiegel bis zum Rothglühen erhitzt, geben Phosphoren, deren ersterer hellgrünes, letzterer weisses Licht ausstrahlt. Eigens deswegen angestellte Versuche bestätigten, dass die Phosphoren schon während der Insolation phosphorisches Licht ausstrahlen, was nur wegen des intensiven Tageslichts nicht wahrgenommen wird, und im Ganzen findet Osann die Erscheinungen besser mit der Undulationstheorie, als mit der Emanationstheorie vereinbar.

Der Beachtung werth ist folgendes Verfahren, wodurch Daguerre [1] den Schwerspath vorzüglich stark phosphorescirend machte. Er reinigte einen dicken Rindsknochen durch Kochen möglichst von Mark und Fett, füllte ihn mit im Achatmörser gepulvertem Schwerspath und verklebte beide Enden. Den Knochen steckte er in ein eisernes, unten verschlossenes Rohr, umgab ihn allseitig mit einer feuerfesten Erde, brachte ihn in einen Ofen und liess ihn wenigstens drei Stunden rothglühen, nahm ihn nach dem Erkalten vorsichtig heraus, wobei er völlig weiss sein muss, wenn er hinlänglich geglüht ist, brach ihn, da er rissig geworden, aus einander und nahm den schwach gelblichen, etwas consistenten Schwerspath heraus. Man kann mit Vortheil dieses Ausglühen in frischen Knochen bis dreimal wiederholen und erhält dann ein so stark leuchtendes Pulver, dass es das Zimmer erhellt und diese allmälig schwindende Leuchtkraft 48 Stunden lang behält. Als ein Theil des Pulvers mit einer blauen Glasscheibe bedeckt den Sonnenstrahlen ausgesetzt war, leuchtete dieser Theil stärker, als der nicht bedeckte, und als Daguerre einst einen Teller mit diesem Pulver im Dunkeln wegtrug, begann dasselbe durch die Erwärmung der Hand so stark zu leuchten, dass seine Finger glänzten und der Teller durchsichtig zu sein schien.

---

1 Compt. rend. T. VIII. p. 243. Poggendorff Ann. Bd. XLVI. S. 612.

Nach **Fabbroni**[1] hat schon der Cardinal **Leopold v. Medicis** im Jahre 1669 Versuche über das Leuchten der Fische, die in Fäulniss übergehn, angestellt.

Photographie. S. **Daguerrebilder.**

Photometer. VII. 480. Lambert's und Rumford's. 481. II. 705. Bouguer's und Ritchie's. VII. 482. Wollaston's. 483. von Lampadius. 484. II. 703. Leslie's. VII. 485. II. 535 ff. verbessert durch Ritchie. VII. 486. Potter's. X. 2464.

Zus. Eine sehr vollständige Nachweisung über Photometer, mit Rücksicht auf den von **Brandes** bearbeiteten Artikel dieses Wörterbuchs, hat **Poggendorff**[2] geliefert, aus welcher auch jener wackere Gelehrte, hätte er es erlebt, mit Vergnügen Belehrung geschöpft haben würde. Ein einfaches, von de Maistre[3] angegebenes besteht aus einer blauen und einer weissen Glasscheibe, welche, am einen Ende 8 Lin. dick, so geschliffen sind, dass ihre beiden Flächen einen Winkel von etwa 11° bilden, wonach also beide entgegengesetzt auf einander gelegt äussere parallele Flächen haben. Beim Gebrauche wird der hellere Gegenstand durch diese Gläser, der minder helle mit blossem Auge betrachtet, und jene Gläser werden durch eine Mikrometerschraube so über einander hin geschoben, bis beider Helligkeit gleich ist, wobei dann eine Scale das Verhältniss der Lichtstärken angiebt. **Quetelet**[4] bediente sich anfangs eines ähnlichen aus zwei gefärbten Gläsern bestehenden Apparats, wobei die Schwächung des Lichts durch zunehmende Dicke des Glases bewirkt wurde, verwarf ihn aber wieder, weil Glas von völlig gleicher Färbung nicht wohl zu erhalten ist und daher jeder Apparat ein individueller, eigenthümlich absorbirend auf die verschiedenen Farbenstrahlen des weissen Lichtes wirkender bleibt. Später bediente er sich eines durch wiederholte Reflexion das Licht schwächenden Photometers. Weil aber dabei die mehrmalige Reflexion von foliirten Flächen statt findet, so muss hierdurch nach **Brewster** eine Färbung erzeugt werden (Bd. X. S. 2445. 2468). Der

---

1 Lettere inedite di uomini illustri raccolte da Fabbroni. Firenze 1773. T. I. p. 143.

2 Dessen Ann. Bd. XXIX. S. 186 u. 484.

3 Bibl. univ. T. LI. p. 323.

4 Ebend. T. LII. p. 212.

einfachste Apparat dieser Art ist schon früher durch BREWSTER[1] angegeben worden. Eine dicke Platte durchsichtigen Glases mit genau parallelen Flächen AB befindet sich zwischen zwei zur Abhaltung sonstig auffallenden Lichtes dienenden, undurchsichtigen, geschwärzten, das Glas nicht berührenden Platten C und D. Der aus R einfallende Lichtstrahl gelangt durch zweimalige Reflexion nach V, durch viermalige nach W und kann beliebig geschwächt werden durch Veränderung des Einfallswinkels, vermehrte Reflexionsmengen, grössere Dicke oder auch wohl Färbung des Glases oder endlich durch Belegung der reflectirenden Flächen mit einer der Brechung des Glases mehr oder weniger nahe kommenden Substanz. Bei einem nicht zu kleinen Einfallswinkel ist übrigens der nach zweimaliger Reflexion ausfahrende Strahl jederzeit vollständig polarisirt, ebenso selbst bei kleinerem Einfallswinkel der nach mehrmaliger Reflexion austretende. POGGENDORFF bringt ferner ein vom älteren HERSCHEL, später v. HUMBOLDT, angewandtes Verfahren, die Lichtstärke der Himmelskörper vergleichend zu bestimmen[2], in Erinnerung. Man erhält ein sehr bequemes Werkzeug, Astrometer genannt, um die Lichtstärke zweier Sterne zu vergleichen, durch eine leicht zu erzielende Einrichtung des Sextanten. Bekanntlich sieht man durch das Fernrohr desselben bei gehöriger Stellung gleichzeitig zwei Bilder des nämlichen Sterns, und kann dabei das Fernrohr höher oder niedriger über die Alhidade schrauben, bis beide Bilder, das direct und das nach zweimaliger Reflexion gesehene, an Lichtstärke einander gleich sind. Ist dieses geschehen, so kann man die Bilder zweier Sterne einander gehörig nähern und ihre Helligkeit ziemlich genau bestimmen. Ein Ungenannter hat zur Erweiterung der Photometrie ein Lamprotometer in Vorschlag gebracht. Dieses besteht aus einem länglichen Brete, auf welchem der Reihe nach neben einander 25 gleiche Gläschen von hellem Glase und 6 Lin. Durchmesser aufgestellt sind. Im ersten von ihnen befindet sich die nach BERZELIUS bereitete Lackmustinctur rein, in den folgenden dieselbe mit 1 bis 24 Theilen Wasser gemischt, und zur Vermeidung des Ver-

Fig. 38.

1 Trans. of the Roy. Soc. of Edinb. 1815.
2 S. Ann. Bd. VII. S. 347. v. HUMBOLDT Voyage, éd. in 8vo. T. IV. p. 32 u. 287.

dunstens sind sämmtliche Gläser hermetisch verschlossen. Vor den Gläsern, denselben parallel, befindet sich ein Bret mit 25 kleinen Oeffnungen, um durch diese und ein jedes einzelne der Gläser einen blanken verticalen Platindraht zu sehen, welcher auf einer hinter den Gläsern verschiebbaren Leiste so gestellt werden kann, dass das von ihm reflectirte Licht durch die verticale Axe eines der Gläschen dringt. Das Stäbchen kann in horizontaler Ebene weiter von dem Gläschen entfernt oder ihm näher gerückt werden, und aus der Entfernung und der Dunkelheit der Flüssigkeit in dem Gläschen, wobei das Stäbchen aufhört sichtbar zu seyn, wird die Intensität der Beleuchtung gemessen. POGGENDORFF bemerkt aber mit Recht, dass weder die Gleichmässigkeit der Tinctur, noch die Dicke und Durchsichtigkeit des Glases für feine Messungen hinlänglich verbürgt werden kann.

Ein von OSANN[1] angegebenes Photometer beruht auf dem Princip, dass der Lichteindruck, den man von einer erleuchteten Fläche durch eine Röhre erhält, bei einer gewissen Entfernung verschwindet. Dieses Princip im Allgemeinen ist bekanntlich unstatthaft, selbst wenn die Röhre nur 3 Lin. weit ist, denn man sieht allezeit durch eine Röhre wegen Ausschliessung des seitwärts ins Auge fallenden Lichtes selbst in die Entfernung schärfer, als mit freiem Auge; der Apparat ist daher nur bei Kerzenlichte und mit der Beschränkung anwendbar, dass die erleuchtende Lampe sich neben der Röhre befindet und daher bei der Entfernung der beleuchteten Fläche gleichfalls in grösseren Abstand kommt, in welchem Falle die Helligkeit der beleuchteten Fläche der der erhellten Luft, durch welche man sehn muss, gleichkommen und daher unkenntlich werden kann. Die Röhre mit der Lampe befanden sich auf einem Gestelle; in genau messbarer Entfernung gegenüber befand sich auf einer Stange mit Stativ eine weisse Tafel, die so weit entfernt wurde, dass ihr Bild verschwand, und dann gaben die Entfernungen, wobei dieses Verschwinden statt fand, wenn die Röhre offen oder mit weissen oder gefärbten Gläsern geschlossen wurde, das Mass der durchgelassenen Lichtstrahlen. Merkwürdig war das Resultat, dass hellgrünes und

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXIII. S. 418.

hellblaues Glas diaphaner gefunden wurden, als weisses Tafelglas.

Die Societät der Wissenschaften zu Göttingen[1] erhielt in Folge eines für 1834 ausgesetzten Preises zwei der Beachtung werthe Beschreibungen neu erfundener Photometer. Der eine Apparat besteht aus einem Fernrohre, worin gleichzeitig die zu vergleichenden Sterne, der eine direct, der andere durch Reflexion, von einem Spiegel gesehn werden, welcher um eine die Gesichtslinie rechtwinkelig schneidende Axe drehbar in den erforderlichen Winkel gestellt werden kann. Sein äusserer Rand bedeckt die eine Hälfte des Objectivs, die andere Hälfte kann dann durch eine Blendung so bedeckt werden, dass sich das directe und das reflectirte Bild in gleiche oder ungleiche, von 0 bis zur ganzen Hälfte zunehmende Theile desselben theilen, wobei der den gleich stark hellen Bildern zugehörige Theil das umgekehrte Verhältniss der Lichtstärke mit einem durch Umkehrung zu ermittelnden Coefficienten für den Verlust durch die Reflexion giebt. Der andere Apparat, von STEINHEIL erfunden und Prismenphotometer genannt, beruht auf der Erfahrung, dass ein durch ein Fernrohr gesehener Stern sich in eine Kreisfläche ausbreitet, wenn sich das Ocular nicht im richtigen Abstande vom Objectiv befindet. Dieses Bild ist desto grösser, aber eben daher desto lichtschwächer, in je weiterem Abstande von der richtigen Stellung sich das Ocular befindet; man kann daher ungleich helle Sterne bei ungleichen Abständen des Oculars zu gleicher Stärke bringen und die wahre Lichtstärke aus den ungleichen Abständen schätzen, jedoch nur annähernd, da man sie nicht gleichzeitig neben einander gestellt beobachtet. Um letzteres zu erreichen, ist das Objectiv in zwei Hälften getheilt, die sich längs ihrer gemeinschaftlichen Axe, jedes für sich, verschieben lassen, während ihr normaler Abstand vom Oculare deutliche Bilder geben würde. Beide Hälften erhalten ihr Licht durch Glasprismen, auf welche die Lichtstrahlen senkrecht ein- und auch wieder ausfallen, deren reflectirende Flächen 45^0 gegen die Axe des Rohrs gerichtet sind und von denen das eine, vom Objectiv weiter abstehende, um diese Axe, die stets gegen den einen

1 Göttingische gelehrte Anzeigen. 1835. N. 34 u. 35. Poggendorff Ann. Bd. XXXIV. S. 646.

Pol des beide Sterne verbindenden grössten Kreises gerichtet seyn muss, messbar gedreht werden kann. Zwischen den Hälften der Objectivlinse und ihren Prismen sind Diaphragmen angebracht, durch zwei Schieberpaare gebildet, deren jedes durch eine Schraube mit entgegengesetzten Windungen so bewegt wird, dass die Hypotenuse des zu einem grösseren oder kleineren rechtwinkeligen Dreieck sich bildenden Diaphragma unverrückt bleibt. Man sieht hiernach bei gehöriger Stellung des Rohrs und der Prismen zwei Sterne zugleich, jeden wie eine rechtwinkelige Dreiecksfläche, wenn die Objectivhälften vom Normalabstande zum Ocular abweichen. Von dieser Abweichung hängt sowohl die scheinbare Grösse des Dreiecks als dessen Flächenhelligkeit ab, aber jene zugleich mit von der Diaphragmenöffnung, diese von der eigenthümlichen Helligkeit des Sterns; man kann daher durch Aenderung der einen Abweichung die Flächenhelligkeit beider Bilder und, wenn man will, durch Aenderung einer Diaphragmenöffnung, auch ihre Grösse zur Gleichheit bringen, wodurch dann die photometrische Messung ihrer verhältnissmässigen Lichtstärke gegeben ist.

Zus. Eine sehr gründliche und umfassende Untersuchung über Photometrie, die Schwierigkeiten, welche dabei zu überwinden sind, und die Mittel, um mindestens annähernde Vergleichungen zu erhalten, hat J. Herschel[1] geliefert.

1 On Light, in Encyclop. metrop. Mixed sc. T. II. p. 349. §. 57 ff.

Zus. Es lassen sich zu diesem Artikel der Natur der Sache nach nicht wohl Nachträge hinzufügen, ausser solche, welche die Literatur betreffen, und da letztere auf absolute Vollständigkeit durchaus keine Ansprüche macht, so werden auch folgende wesentliche Verbesserungen und Ergänzungen genügen.

S. 551. Von DESAGULIERS course u. s. w. erschien die letzte Auflage Lond. 1763.

S. 555. E. G. FISCHER, mechan. Naturlehre. 4te Aufl. (von AUGUST). 1837.

S. 556. J. P. NEUMANN Lehrbuch. Neue Aufl. Wien 1842.

S. 557. Von SCHOLZ Anfangsgründen ist 1839 (?) eine neue Auflage von SCHRÖTTER erschienen.

MUNCKE erste Elemente u. s. w. 4te Aufl. 1842.

BAUMGARTNER Naturlehre, mit v. ETTINGSHAUSEN, 6te Aufl. 1839. 7te Aufl. 1842. 8te Aufl. 1844.

DESPRETZ Traité u. s. w. 6me ed. Brux. 1840.

S. 558. H. W. BRANDES Vorlesungen u. s. w. 2te Aufl. (von C. W. H. BRANDES und W. J. H. MICHAELIS) in einem Bde. 1844. 8.

POUILLET Élémens. 3me éd. (Par. 1837 u. 1840). 4me édit. Par. 1844. Voll. 8.

— Lehrbuch der Physik und Meteorologie, für deutsche Verhältnisse frei bearbeitet von Dr. JOH. MÜLLER. Braunschw. 1843 u. 1844. Erscheint jetzt in einer neuen Auflage.

PÉCLET Traité. 3me éd.

Neu erschienen sind:

LAMÉ Cours de Physique. Par. 1837. II Voll. 8.

BECQUEREL Traité de Physique considérée dans ses Rapports avec la Chimie et les Sciences naturelles. T. I. Par. 1842. T. II. Par. 1844. 8.

L. F. KÄMTZ Lehrbuch der Experimentalphysik. Halle 1839. 8.

G. SUCKOW System der Physik mit Beziehung auf Künste und Gewerbe. Darmst. 1840.

B. v. TSCHARNER Handbuch der Experimentalphysik zur Selbstbelehrung und zum Gebrauche bei Vorlesungen. 3te Aufl. Frkf. 1835.

W. EISENLOHR Lehrbuch der Physik zum Gebrauche bei Vorlesungen und beim Unterrichte. 1ste Aufl. 1836. 4te Aufl. 1844.

C. F. PESCHEL Lehrbuch der Physik. Ein Bd. 8. mit 1 Ht. Figuren in Steindr. 1842 u. 1843.

A. v. Ettingshausen Anfangsgründe der Physik. Mit 5 Ktf. Wien 1844.

H. Buff Grundzüge der Experimentalphysik mit Rücksicht auf Chemie und Pharmacie. Ein Bd. 1843 u. 1844.

S. 559. Zu den Encyklopädien und Wörterbüchern sind hinzugekommen: Library of useful knowledge. Natural philosophy. Lond. 1829. II Voll. 8.

*G. Marbach populäres physikalisches Wörterbuch. Leipz. 1834 — 1838. IV Bde. 8.

Bei den Zeitschriften ist zu verbessern: S. 563. Hermbstädt Bülletin. Berl. 1809 — 1813. XV Bde., dann Museum des Neuesten u. s. w. 1814 — 1817. XII Bde. 8. Neues Jahrbuch von Schweigger-Seidel. 1831 — 1833. IX Bde. Zeitschrift für Physik und Mathematik. Von A. Baumgartner und A. v. Ettingshausen. Wien 1826 — 1832. X Bde. Ferner

Zeitschrift für Physik und verwandte Wissenschaften von A. Baumgartner. Wien 1832 — 1837. IV Bde. Jahrgang 1837 oder Bd. V. mit P. Ritter v. Holger, dann von Letzterem allein fortgesetzt.

Jahrbuch für Mineralogie u. s. w. von K. C. v. Leonhard und H. G. Bronn. 1830 — 1832. III Bde.

Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefactenkunde. Von K. C. v. Leonhard und H. G. Bronn, 1833, jährl. 6 Hefte, von 1841 an mit einem Supplementheft. Wird fortgesetzt.

S. 564. Annales de Chimie et de Physique par Gay-Lussac et Arago. Par. 1816 — 1840. LXXV Bde. fortgesetzt in

Annales de Chimie et de Physique par Gay-Lussac, Arago, Dumas, Pelouze, Boussingault et Regnault. 3me Sér. Par. 1841. Wird fortgesetzt.

Bibliothèque universelle u. s. w. Genève. 1816 — 1835. LX Bde., fortgesetzt in:

Bibliothèque universelle de Genève. Nouvelle Sér. 1836 — 1842. XLIV Bde.; wird fortgesetzt. Dazu Supplement à la Bibliothèque universelle de Genève. Archives de l'Électricité, par A. de la Rive. 1841. Wird fortgesetzt.

S. 565. Statt: Memorie di Fisica u. s. w. ist richtiger:

Memorie dell' Imp. R. Instituto del Regno Lombardo-Veneto. Von 1819—1838. V Voll. 4.

Annali delle Scienze del Regno Veneto Lombardo. 1831 ff.

TILLOCH's philosophical Magazine. Lond. 1798—1826. LXVIII Bde.

Annals of Philosophy. Lond. 1813 — 1820 (von THOMSON). XVI Bde. 8. Als New Series, von RICH. PHILLIPS, bis 1826. XII Bde. Dann: Philosophical Magazine and Annals (von RICHARD TAYLOR und RICHARD PHILLIPS). 1827 — 1832. XI Bde.

NICHOLSON's Journal of natural philosophy, Chemistry and the Arts. 1796 — 1813. V T. 4. XXXVI T. 8.

Das Quarterly Journ. of Science cet. von 1816 — 1827 hat XXII Bde. Die New Series. Lond. 1827 — 1830 hat VII Bde. Das Journal of the Royal Institution für sich von 1830 u. 1831 hat V Hefte.

Hinzuzusetzen sind:

Journal des Mines. Par. 1794 — 1815. XXXVIII. T. 8.

Annales des Mines. Par. 1816 — 1826. XXVI T. 8. deuxième Sér. 1827—1830. VIII T. trois. Sér. 1832 — 1841. XX T. quatr. Sér. 1842. Wird fortgesetzt.

Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Acad. des Sciences. Par. 1835. 4. bis jetzt XIX T.

L'Institut, ou Journal universel des Sciences cet. Par. 1835. jährl. ein Vol. gr. 4.

The american Journal of Science and Arts. By SILLIMAN. Newhaven. 1819. bis jetzt XLIV Bde. Wird fortgesetzt.

The Annals of Electricity, Magnetism et Chemistry and guardian of experimental Science. Conducted by WILL. STURGEON. Lond. 1836 ff. Wird fortgesetzt.

JAC. BERZELIUS Jahresbericht über die Fortschritte der physischen Wissenschaften. Tüb. 1822. 8. jährl. ein Bd. Wird fortgesetzt.

GUST. THEOD. FECHNER Repertorium der Experimentalphysik. III Bde. 8. 1832. Daran schliesst sich: H. W. DOVE Repertorium der Physik. Berl. 1837 bis 1844. V Bde. 8. Der Bd. VI. eröffnet eine neue Reihe.

H. C. SCHUMACHER Jahrbuch. Seit 1836 jährl. ein Bd.

Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins.

Herausgegeben von C. T. GAUSS und W. WEBER. Gött. seit 1837, jährl. ein Bd. 8.

Zu den Schriften gelehrter Gesellschaften sind hinzuzusetzen;

Mémoires de la Société Royale des Sciences, Lettres et Arts de Nancy. (Die Gesellschaft existirt seit 1802. Von ihren Memoiren bis 1842 sind nur einige Bände bekannt.)

Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. Bis 1842. V Bde. 8.

Recueil des Actes de la Séance publique de l'Académie imp. des Sc. de St. Petersbourg. Seit 1835 jährl. ein Bd. 4.

Bulletin scientifique de la Soc. Imp. des Sc. de St. Petersbourg. Seit 1835. Bis jetzt X Bde. gr. 4.

Zus. Die Unannehmlichkeit, dass der Wollaston'sche Platindraht sich aus der Mitte entfernt, vermeidet BECQUEREL dadurch, dass er den silbernen Cylinder aus zwei Hälften verfer-

tigen und den Platindraht zwischen diesen stark anspannen lässt, damit er beim Zusammenschmelzen genau in die Mitte kommt [1].

Zus. **Platiniren.** Hierunter versteht man das Ueberziehen der Metalle, des Porzellans u. s. w. mit einer dünnen Lage Platin. Geschieht dieses bei Metallen, namentlich auf galvanischem Wege, so pflegt man dieses dem eingeführten und beizubehaltenden Sprachgebrauche nach **Verplatiniren** zu nennen, unter Platiniren dagegen versteht man das Ueberziehen der Platinplatten mit einer dünnen Lage des feinen metallischen Platins, wodurch dasselbe zur Anwendung für die Grove'sche Gassäule und für andere Zwecke wirksamer wird. Das von Smee [2] zuerst bekannt gemachte Verfahren des Platinirens geschieht auf die Weise, dass man die zu platinirenden Platten oder Drähte in eine Lösung von Platinchlorid senkt und mit den Poldrähten einer Volta'schen Kette verbindet. Hierbei erhält die mit dem Zinkpole verbundene Platte einen Ueberzug fein vertheilten Platins, welcher jedoch nur locker anhaftet, so dass man die Platte nicht abwischen, sondern nur abspülen darf. Damit der Ueberzug gleichmässig werde, ist erforderlich, dass die mit dem anderen Poldrahte verbundene Platte eine gleiche Grösse, als die zu überziehende habe, auch entsteht der Ueberzug vorzugsweise nur auf der zugewandten Fläche, man muss daher die zu präparirende Platte während der Operation umdrehen, um auf beiden Flächen eine gleichmässige Ablagerung zu erzeugen. Ist der Ueberzug zu dick, so springt er zuweilen ab.

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XXII. p. 113.

2 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. 103. T. XVI. p. 315.

Zus. Die (Bd. VII. S. 632) erwähnten Versuche von KOCH sind mit grosser Sorgfalt angestellt worden und wurden daher von GERSTNER[1] für seine praktischen Bestimmungen zum Grunde gelegt. Daher hielt BUFF[2] es der Mühe werth, die gefundenen Werthe theils selbst zu berechnen, theils durch PHILIPP SCHWARZENBERG berechnen zu lassen, und fand hiernach für den Ausflusscoefficienten m

für Oeffnungen in dünnen Platten

$$m = 0{,}626\,(1 - 0{,}079\sqrt{h}),$$

für kurze cylindrische Röhren

$$m = 0{,}79\,(1 - 0{,}079\sqrt{h}),$$

für konische Röhren von $2^0{,}5$ bis 7^0 Neigungswinkel

$$m = 0{,}92\,(1 - 0{,}079\sqrt{h}),$$

worin h die constante drückende Wassersäule in Kalenberger Fuss bezeichnet. Wird der Kalenberger Fuss = 129,9 par. Lin. angenommen, so verwandelt sich der für $\sqrt{h}$ gefundene Coefficient aus 0,079 in 0,083. Die konische Form der Düsen vermehrt die Ausflussmengen, jedoch nur unmerklich, wenn die Wandungen einen grösseren oder kleineren Winkel als den angegebenen bilden. Spätere Untersuchungen über den Widerstand, welchen die bewegte Luft durch die Röhrenwandungen erleidet, veranlassten BUFF[3], den Werth von m durch neue Versuche mit einem für diesen Zweck construirten Apparate zu suchen und mit dem nach der eben angegebenen Formel berechneten zu vergleichen, wobei sich eine grosse Uebereinstim-

1 Handbuch der Mechanik u. s. w. Wien. 1834. 4. Bd. III. S. 474.

2 Poggendorff Ann. Bd. XXXVII. S. 277.

3 Ebend. Bd. XL. S. 14.

mung beider herausstellte. Bei Ansatzröhren fand er m zwischen 0,676 und 0,760 verschieden; ersteren Werth hatte es, wenn die Länge zehnmal die des Durchmessers übertraf, letzteren, wenn das Verhältniss 1,4 zu 1 war.

Ganz neuerdings hat WEISBACH[1] bei der Ausarbeitung des Art. **Ausfluss** für die allgemeine Maschinen-Encyklopädie den Coefficienten m einer neuen Prüfung unterworfen und giebt darin den von KOCH erhaltenen Resultaten den Vorzug vor den von d'AUBUISSON[2] gefundenen, die man in Frankreich zum Grunde legt, vermuthlich weil man jene daselbst nicht kennt. Dagegen setzt er das durch SCHMIDT aufgestellte Ausflussgesetz dem durch NAVIER gegebenen nach, wie dieses auch durch PONCELET in seiner Mécanique industrielle, durch COMBES in seinem Traité de l'aérage des mines und Andere geschieht. Weil NAVIER's Leistungen im Werke bereits mitgetheilt sind, so begnüge ich mich hier, aus den vier Tabellen, worin die sämmtlichen, aus KOCH's Versuchen berechneten Werthe des Ausflusscoefficienten m zusammengestellt sind, nur die Maxima und Minima und die ihnen zugehörigen Druckhöhen einer Wassersäule in Kalenberger Fuss, die von fast 7 Fuss bis 0,2 Fuss wechselten, hier aufzunehmen.

Ausfluss aus Oeffnungen in einem dünnen Blech:

Weite der Oeffnung	Wasserdruckhöhe	Temperatur	Werth von m
2,96 Lin.	3,12960 F.	9° R.	0,567
—	0,32007 „	—	0,596
—	5,61904 „	7°	0,569
—	0,14684 „	—	0,605
6,183 „	4,43368 „	—	0,566
—	0,79113 „	—	0,591

1 Poggendorff Ann. Bd. LI. S. 449.

2 Traité d'Hydraulique à l'usage des Ingénieurs. 2me édition. Paris 1840.

Ausfluss aus kurzen cylindrischen Röhren:

Röhren- Weite	Röhren- Länge	Wasserdruck-höhe	Tempe-ratur	Werth von m
4,655 L.	12,010 L.	5,02915 F.	3° R.	0,724
—	—	0,70726 „	—	0,737
2,974 „	11,896 „	4,94251 „	5°	0,724
—	—	0,57030 „	—	0,750
—	—	5,28065 „	2°,5	0,727
—	—	0,28236 „	—	0,754
4,190 „	23,883 „	4,14576 „	3°	0,703
—	—	0,35573 „	—	0,736

Ausfluss aus konischen convergenten Röhren:

Röhren- Länge	Weite Eintritt	Weite Austritt	Wasserdruck-höhe	Tempe-ratur	Werth von m
12,5 L.	3,715 L.	3,04 L.	4,94809 F.	9° R.	0,802
—	—	—	0,24320 „	—	0,824
11 „	4,040 „	3,010 „	3,62021 „	—	0,820
—	—	—	0,20967 „	—	0,864
35,5 „	6,420 „	2,725 „	3,47771 „	2°	0,837
—	—	—	0,45286 „	—	0,879
18,6 „	4,660 „	2,720 „	4,95369 „	4°,5	0,821
—	—	—	0,25760 „	—	0,862
18,5 „	6,390 „	2,63 „	3,13098 „	5°	0,821
—	—	—	0,45288 „	—	0,861

Ausfluss aus konischen divergenten Röhren:

Röhren- Länge	Weite Eintritt	Weite Austritt	Wasser-druckhöhe	Tempe-ratur	Werth von m
35,5 L.	2,725 L.	6,42 L.	4,89776 F.	2° R.	0,887
—	—	—	0,36901 „	—	1,004
18,5 „	2,630 „	6,39 „	4,37501 „	4°,5 „	0,735
—	—	—	0,14257 „	—	0,803

Zus. Was über elektrische Polarisation im Werke beigebracht ist, bezieht sich vorzugsweise auf den polaren Zustand mehrerer, den elektrischen Strom durch Wasser leitender, Wasser zersetzender Drähte; die neueren Untersuchungen haben aber gezeigt, dass die Elektroden, welche den elektrischen Strom jeder Art in eine zu elektrolysirende Flüssigkeit leiten, und zwar wohl ohne Zweifel in Folge der an ihnen haftenden

Elemente der zersetzten Körper, polarisch werden, und demnach einen dem primären entgegengesetzten Gegenstrom erzeugen, welcher die Wirkung des Hauptstromes schwächt. Auf gleiche Weise werden auch die Flüssigkeiten selbst in Folge vorgehender Zersetzung polarisirt. Von den vielen, auf diesen Gegenstand sich beziehenden Untersuchungen wird es genügen, nur diejenigen hier etwas näher zu berücksichtigen, welche sich vorzüglich oder ausschliesslich auf diese Polarisation beziehen.

An die bereits (Bd. VIII. S. 87 ff.) erwähnten Arbeiten von Gautherot, Ritter, Marianini und besonders De la Rive, wozu noch die Bemerkung Arago's[1] hinzugefügt werden kann, dass das Eisenfeilicht noch eine Zeit lang an einem Rheophor hängen bleibt, nachdem er schon von der Säule getrennt ist, schliessen sich zunächst die Untersuchungen Becquerel's und Schönbein's. Die Polarisation der Elektroden und der elektrolysirten Flüssigkeiten war bereits durch genügende Beweise ausser Zweifel gestellt, allein es blieb noch übrig, die verschiedenen Modificationen, unter denen sie auftritt, und die sie erzeugenden Ursachen genügend auszumitteln. Nach De la Rive werden die Körper in einen eigenthümlichen elektrisch polaren Zustand versetzt, nach Becquerel aber soll die Polarisation nur dann auftreten, wenn die Elektroden in eine salinische Flüssigkeit getaucht worden waren, deren Basis sich am negativen, die Säure dagegen am positiven Pole anhäufe, und würden dann die Elektroden in eine leitende Flüssigkeit gebracht, so verbänden sich beide mit einander, und es müsse daher nach elektrochemischen Gesetzen ein dem anfänglichen entgegengesetzter Strom entstehen. Zur Widerlegung dieser Hypothese stellte Schönbein[2] eine grosse Reihe von Versuchen an. Eine U-förmig gebogene Glasröhre wurde mit reiner Schwefelsäure gefüllt und zwei mit einem Galvanometer verbundene Platindrähte hineingesenkt, allein es zeigte sich keine Spur eines Stromes; als aber dieselben Drähte nur etliche Secunden mit einer schwachen Säule verbunden gewesen waren, zeigte sich nach ihrer Verbindung mit dem Galvanometer ein starker Strom, welcher eine geraume Zeit anhält und selbst dann zum Vorschein kommt,

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXIV. p. 5.
2 Poggendorff Ann. Bd. XLVI. S. 109.

wenn man die Drähte nach aufgehobener Verbindung mit der Säule stundenlang in der Säure stehen lässt. Wartet man, bis die Nadel wieder auf ihren Nullpunct zurückkommt, trennt man die Drähte dann vom Galvanometer und verbindet man sie demnächst abermals mit diesem, so tritt ein zweiter Strom ein, welcher an Stärke zunimmt, wenn man einige Zeit bis zum Wiederschliessen verstreichen lässt, und dieses kann man sogar mehrmals wiederholen. Golddrähte erzeugten eine stärkere Abweichung der Nadel, als Platindrähte, Eisendrähte, versilberte Kupferdrähte, auch Zink und sonstige Metalle in Kalilösung wurden gleichfalls polarisirt. Hiernach verwirft er Becquerel's Hypothese und auch die Ansicht, als könnten die Elemente des zersetzten Wassers an den Elektroden haften und den Strom erzeugen, weil dieser auch dann entsteht, wenn man den negativen Poldraht, durch welchen der Strom der Säule gegangen ist, mit einem ungebrauchten vertauscht, so dass an diesem unmöglich Wasserstoff haften kann. Gegen jene Hypothese entscheidet ferner der Umstand, dass nach aufgehobener und dann wieder hergestellter Verbindung mit dem Galvanometer aufs neue ein Strom entsteht. Nach seiner Ansicht erleiden daher die Elektroden eine der Passivität des Eisens ähnliche Veränderung. Leitet man einen zum Zersetzen hinlänglich starken Strom einige Zeit durch Salzsäure- oder Schwefelsäure-Hydrat in der gebogenen Röhre und senkt man demnächst die Platindrähte eines Galvanometers in die Schenkel der Röhre, so gewahrt man einen elektrischen Strom von entgegengesetzter Richtung, ja dieses erfolgt selbst dann, wenn man die ursprünglichen Elektroden beibehält, aber ihre Stellung in den Schenkeln wechselt, woraus unverkennbar die Polarisation dieser und vermuthlich auch anderer Flüssigkeiten hervorgeht. Bringt man die Elektroden, welche einige Zeit zur Zersetzung durch die Säule gedient haben, in neue Säure, so zeigt sich auch ihre Polarisation durch den entstehenden Strom. Beide Polaritäten sind nach der Beschaffenheit der Flüssigkeiten ungleich; bei der Salzsäure ist die der Flüssigkeit die stärkere, bei Schwefelsäure die der Drähte; die Dauer des polaren Zustandes scheint bei beiden gleich zu seyn, doch sind hierüber die Thatsachen noch nicht genügend ermittelt, ebenso wenig als die Leichtigkeit, womit Metalle und Flüssigkeiten polarisch werden. Weil so schwache Ströme, welche Was-

ser zu zersetzen nicht vermögen und kaum Iodtinctur verändern, dennoch Flüssigkeiten polarisiren, so glaubt SCHÖNBEIN, dass nicht die Trennung des Wasserstoffs vom Sauerstoff oder Chlor die Polarisation der Flüssigkeiten erzeuge, sondern ein intermediärer Zustand, welcher beide Elemente nur etwas von einander entferne, wonach dann ihre wiederkehrende innigere Verbindung nach der chemischen Theorie der Säule einen entgegengesetzten elektrischen Strom erzeugen müsse. Inzwischen will mir diese Hypothese, die eine beginnende Entfernung der Atome, ohne eigentliche Trennung, voraussetzt und weder durch Volumensvermehrung noch Wärmeveränderung sich kund giebt, nicht einleuchten, da vielmehr eine bei den verschiedensten Körpern so oft vorkommende Trennung beider Elektricitäten, die sich in den schlecht leitenden Flüssigkeiten dann langsam wieder vereinigen müsste, weit einfacher zum Ziele führen würde. Rücksichtlich der Metalle schlösse sich ARAGO's oben erwähnte Bemerkung sehr einfach hieran.

Mit einiger Geringschätzung weiset BECQUEREL[1] die eben mitgetheilten Einwendungen zurück und meint, dass ausser Salzen und Säuren sich auch Sauerstoff, Chlor und Wasserstoff an die Elektroden ansetzen oder in den Flüssigkeiten verbreitet seyn könnten, deren Wiedervereinigung dann nach der chemischen Theorie einen dem trennenden entgegengesetzten Strom erzeugen müsse. Dieses könne auch dann der Fall seyn, wenn eine schwache Säule kein merklich wahrnehmbares Gas erzeuge, vielmehr die geringen Quantitäten in den Flüssigkeiten verbreitet wären. Wenn übrigens SCHÖNBEIN diese Erscheinungen mit denen der Passivität des Eisens in Verbindung bringen wolle, so sey dieses eine vage Erklärung, eine Conjectur, die für nichts weiter als dieses gelten könne. Den Versuch, in welchem SCHÖNBEIN die in der gekrümmten Röhre elektrolysirte Flüssigkeit bis zum Sieden erhitzte, wodurch nach seiner Ansicht vorhandenes Gas entfernt werden musste, verwirft BECQUEREL, weil man hiervon auf keine Weise versichert seyn könne, und glaubt daher bei seiner Erklärung, die auf Thatsachen gegründet sey, beharren zu können. Als positives Argument bringt er bloss das bei, dass Platindrähte, die vorher in Sauerstoffgas und in Wasserstoffgas getaucht worden waren, gleichfalls einen

1 Traité de l'Électr. et du Magnét. T. V. P. II. p. 268.

Strom erzeugen, und dass mit Sauerstoffgas und Wasserstoffgas vorher imprägnirtes Wasser nach seiner Vereinigung eine gleiche Wirkung zeigt.

Es war nicht wohl mit der bekannten Beharrlichkeit SCHÖNBEIN's[1] vereinbar, die Sache auf sich beruhen zu lassen, vielmehr stellte er neue Versuche an, zu denen er ausserdem durch einige, ihm nicht völlig genau bekannt gewordene, von PELTIER und MATTEUCCI noch besonders aufgefordert wurde. Hierdurch gelangte er zu folgenden Resultaten: 1) Werden Platinelektroden, welche reines oder mit Schwefelsäure oder Salzsäure verbundenes Wasser zersetzt haben, in einer Weingeistflamme bis zum Rothglühen erhitzt, so verlieren sie ihre Polarität. 2) Ein positiv polarisirter Platindraht verliert in einer Chlor- oder Brom-Atmosphäre augenblicklich seine Polarität. (Hierbei muss bemerkt werden, dass derjenige Platindraht, welcher als negative Elektrode in gesäuertem Wasser gedient hat, positiv polarisirt, derjenige aber, welcher als positive gedient hat, negativ polarisirt genannt wird.) 3) Befindet sich ein positiv polarisirter Platindraht etwas längere Zeit in Sauerstoffgas, so wird er neutral. 4) Eben dieses ist der Fall bei einem negativ polarisirten in einer Wasserstoffgasatmosphäre. 5) Alle andern Gasarten, welche weder auf Sauerstoff noch auf Wasserstoff chemisch wirken, sind gegen beide Drähte indifferent. 6) Ein gewöhnlicher Platindraht wird in Wasserstoffgas in wenigen Secunden positiv polarisch. 7) Platin-, Gold- und Silber-Drähte werden in Chlor- und Brom-Gas in wenigen Secunden negativ polarisch. 8) Behandelt man negativ polarisirte Salzsäure (d. h. diejenige der durch eine Membrane getrennten Zellen, welche mit der positiven Elektrode in Verbindung stand) oder Hydrobromsäure mit der gehörigen Menge Wasserstofflösung, so wird ihre Polarität zerstört. 9) Geht durch schwefelsäurehaltiges Wasser in einer gekrümmten Röhre ein elektrischer Strom, so wird die Flüssigkeit nur dann sich polarisirt zeigen, wenn die Multiplicatorenden aus Platin bestehen; bei Anwendung von verdünnter Salzsäure geben auch Gold- und Silber-Drähte einen Strom. Nach den Resultaten von 1 bis 6 muss man die Polarisation von anhängendem Wasserstoffgas und Sauerstoffgas herleiten, allein dieses wird dadurch wieder zweifelhaft,

1 Poggendorff Ann. Bd. XLVII. S. 101.

dass Platin in Sauerstoffgas nicht negativ polarisch wird; ebenso wenig werden Gold- und Silberdrähte in Wasserstoffgas polarisch, wohl aber, wenn sie in schwefelsäurehaltigem Wasser nur wenige Secunden als Elektroden dienten. Dass nach 9 nur Platindraht einen elektrischen Strom zeigt, lässt sich daraus ableiten, dass dieses Metall allein die chemische Verbindung des Sauerstoffs mit Wasserstoff bedingt. Dass Platin in Sauerstoffgas nicht negativ polarisch wird, obgleich dieses der Fall ist, wenn es als positive Elektrode in gesäuertem Wasser gedient hat, soll eine Folge davon seyn, dass sich im letzteren Falle Wasserhyperoxyd um dasselbe bildet. Schönbein nimmt sonach, wie er auch ausdrücklich selbst bemerkt, seine anfängliche Hypothese zurück und tritt der von Becquerel aufgestellten bei, doch wird manches hierdurch noch nicht erklärt, und er nimmt dabei die noch nicht erwiesene Bildung von Wasserhyperoxyd und Wassersuboxyd zu Hülfe, um die Erregung aller elektrischen Ströme aus chemischen Verbindungen und Zersetzungen zu erklären. Aus den Versuchen folgt beiläufig, dass auch die schwächsten Ströme, wenn sie durch eine Flüssigkeit dringen, eine Zersetzung bewirken, wenn gleich die zersetzten Theile für sich nicht wahrnehmbar sind, die sich indess jederzeit durch Polaritätserscheinungen als vorhanden zeigen.

Zur Ergänzung der hier mitgetheilten Thatsachen dient eine neue, durch Schönbein [1] bekannt gemachte Reihe von Versuchen. Zwei durch eine Membrane getrennte Gefässe wurden mit reinem Wasser gefüllt und mit den Polen einer kräftigen Säule in Verbindung gesetzt, wodurch eine schwache Wasserzersetzung eintrat. Nach Entfernung der Elektroden tauchte er die Platinenden eines empfindlichen Galvanometers in die Gefässe und erhielt einen dem früheren entgegengesetzten Strom; doch zeigten Drähte aus anderen Metallen keine Wirkung, wenn nicht in das mit dem negativen Pole in Verbindung gewesene Gefäss ein Platindraht gesenkt war. Um zu ermitteln, welches Wasser der beiden Gefässe den Strom erzeuge, trennte er sie und brachte sie mit einem zweiten, mit reinem Wasser gefüllten und gleichfalls durch eine Membrane getrennten Gefässe in

1 Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Versammlung in Basel. N. V. 1843. S. 5. Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 135.

Verbindung, woraus sich dann ergab, dass bloss das mit dem negativen Pole verbunden gewesene den Strom erzeugte, wie denn ein solcher auch dann erschien, wenn das eine Gefäss mit Wasserstoffgas imprägnirtes Wasser, das andere reines enthielt, ohne dass eine Verbindung des letzteren mit Sauerstoffgas irgend einen Einfluss äusserte. Da hiernach also das mit Wasserstoffgas imprägnirte Wasser mit gemeinem Wasser und Platin in Berührung einen elektrischen Strom erregt, so findet es SCHÖNBEIN zwar natürlich, hierin eine Volta'sche Combination zu erkennen[1], da aber ein elektrischer Strom nicht anders als durch Chemismus entstehen kann, so wird als möglich angenommen, dass das Platin mit dem Wasserstoff ein Wassersuboxyd bilde und diese chemische Action den Strom erzeuge. Daraus ergiebt sich dann, wie er meint, die Ursache, weswegen andere Metalle sich unwirksam zeigen, weil ihnen die katalytische Kraft fehlt, jenes Suboxyd zu bilden. Wenn aber diese Metalle, namentlich Gold, Silber und Kupfer, dennoch als positive Elektroden negativ polarisch werden, so kann dieses vom anhaftenden Wasserstoffgas nicht herrühren und ist daher von dem an ihnen sich bildenden Wassersuboxyd abzuleiten. Hiergegen lässt sich der wohlbegründete Zweifel geltend machen, dass die Bildung des Wassersuboxyds am Platin und die Zersetzung desselben am Golde wohl unmöglich einen gleich gerichteten Strom erzeugen können. SCHÖNBEIN geht hierauf indess nicht ein, glaubt vielmehr, dass das von ihm entdeckte Ozon mit Platin sowohl, als auch mit Gold verbunden den elektrischen Strom erzeuge.

Die Polarisation der Metalldrähte in Flüssigkeiten durch Reibungselektricität hat HENRICI[2] untersucht, indem er die zu untersuchenden Flüssigkeiten in eine 12 Millim. weite Glasröhre brachte und durch zwei Platindrähte, deren einer unten eingeschmolzen, der andere von oben durch einen Kork gesteckt war, in einem Abstande von 60 Millim. den elektrischen Schlag aus einer Flasche von 2 Quadratfuss äusserer Belegung lei-

---

1 Nach VOLTA'S Theorie muss das höchst negative Platin mit dem höchst positiven Wasserstoff ein galvanisches Element bilden, und die Erfahrung zeigt, dass dieses stark genug ist, den entstandenen Strom durch das Wasser und den Multiplicatordraht zu führen.

2 Poggendorff Ann. Bd. XLVI. S. 585. Bd. XLVII. S. 431.

tete. Unmittelbar nach dem Schlage wurden die Platindrähte mit einem Multiplicator in Verbindung gebracht und die ungleiche Abweichung der Doppelnadel zeigte die Stärke der erzeugten Polarisation. Unter den verschiedenen Flüssigkeiten zeigte Alkohol die geringste Abweichung von 1°, Schneewasser 2°, die übrigen zwischen 11° und 20°, die stärkste von 23° gab Iodkalium; im Allgemeinen waren die Grade der Abweichung der leichten Zersetzbarkeit proportional. Die Ladungen der Flasche waren sich stets gleich; wurden aber bei der nämlichen Flüssigkeit die Ladungen verstärkt, so waren die Abweichungen dieser Verstärkung nahe genau proportional. Einen thermoelektrischen Einfluss der sich berührenden Platin- und Kupferdrähte glaubt HENRICI ausschliessen zu müssen, weil er bei einem eigens deswegen angestellten Versuche so dicke Platinstreifen anwandte, dass sie nicht wohl merklich erwärmt werden konnten. Uebrigens waren bloss die Drähte polarisch, denn wenn sofort nach dem Schlage andere an ihrer Statt in die Flüssigkeiten gebracht wurden, so äusserten diese keine Einwirkung auf das Galvanometer. Dennoch aber zeigten die Flüssigkeiten in ihnen vorhandene positive Elektricität am Elektroskope, die erst durch mehrmalige Berührung fortgeschafft werden und, wie sich erwies, nicht von den Wänden des Glasgefässes herrühren konnte. Die Polarität der Drähte leitet HENRICI von den Substanzen ab, die sich aus den zersetzten Flüssigkeiten an ihnen ablagern. Um hierüber mehr Gewissheit zu erlangen, legte er auf eine Glasscheibe zwei sich berührende Stückchen Lakmus- und Curcumä-Papier, benetzte beide mit der zu zerlegenden Flüssigkeit und berührte das erstere mit einem die Elektricität einer schwachen Maschine zuführenden, das andere mit einem diese abführenden Platindrahte. Nach einigem Drehen der Maschine zeigte das erste einen gerötheten, das zweite einen gebräunten Fleck, und wenn dann die freien Enden der Platindrähte mit dem Multiplicator verbunden wurden, wich die Nadel merklich ab, und zwar so, dass sie einen dem anfänglichen entgegengesetzten, vom Curcumä-Papier zum Lakmus-Papier gerichteten Strom anzeigte. Zum Beweise, dass dieser nicht von einer Polarisirung der Drähte herrühre, wurden die Spitzen derselben bei der ursprünglichen elektrischen Strömung etwa 1 Millim. von den Papierstücken entfernt und erst nach der Verbindung der Drähte mit dem

Galvanometer in Berührung mit dem Papier gebracht. Die Drähte für sich, nach Wegnahme des Papiers und Vertauschung desselben mit einem frisch benetzten, hatten keine Wirkung auf das Galvanometer[1].

Aus den früher bekannt gemachten und den neueren, hier nachgetragenen Erfahrungen geht also unwidersprechlich hervor, dass durch jeden elektrischen Strom, aus welcher Quelle er auch abstammen mag, sowohl die Elektroden, als auch die durchströmten Flüssigkeiten eine durch den Namen Polarisation bezeichnete Veränderung erleiden, vermöge deren sie nicht bloss den ursprünglich bestehenden Strom schwächen und daher in Verbindung mit dem Uebergangswiderstande die Kraft der Säulen vermindern, sondern auch selbstthätig, und zwar entweder vereint, oder die Elektroden und die Flüssigkeiten einzeln für sich, einen dem ursprünglichen entgegengerichteten Strom erzeugen. In Beziehung auf den Uebergangswiderstand entspringt hieraus eine (vergl. **Leitung**) unüberwindliche Schwierigkeit, denn da dieser der Natur der Sache nach mit dem Ursprunge des Stromes zusammenfällt, die Polarisation aber nach den Resultaten der hier mitgetheilten Versuche, insbesondere aber nach denen POGGENDORFF's, wovon später die Rede seyn wird, gleichfalls unmittelbar nach begonnener Strömung eintritt, so ist es wohl unmöglich, beide Wirkungen einzeln zu bestimmen. Ueber die Ursache der Polarisation werden sich die Physiker nicht eher vereinigen, als bis die Theorie der hydroelektrischen Säule allgemein festgestellt seyn wird. Nach der Contacttheorie folgt ohne Weiteres von selbst, dass eine Veränderung der Elektroden und der Flüssigkeiten, welcher Art dieselbe seyn möge, auch eine Veränderung ihres Volta'schen Verhaltens erzeugen müsse. Stellt man aber als Axiom den Satz auf, dass ohne chemische Trennung oder Vereinigung kein elektrischer Strom entstehn könne, wie sehr hiergegen auch die thermoelektrischen, magnetoelektrischen und Inductions-Ströme streiten, dann lässt sich, wie wir gesehn haben, mittelst einiger künstlicher Hypothesen die Wirkung der Polarisation auch auf chemische Action zurückführen. Von

---

1 Es bleibt hierbei fraglich, ob das gebrauchte Galvanometer für schwache Polaritäten, wie sie Flaschenschläge zu erzeugen vermögen, hinlänglich empfindlich war.

grosser Wichtigkeit sind die Polarisationsphänomene, welche POGGENDORFF bekannt gemacht hat; da sie aber mit den Erscheinungen der Ladungssäule im innigen Zusammenhange stehn und über diese ein vorzügliches Licht verbreiten, so ist es angemessen, sie als Nachtrag dem Artikel **Säule, Ladungssäule,** anzureihen.

Polariskop. So nennt man diejenigen Apparate, mittelst deren man polarisirtes Licht von gewöhnlichem zu unterscheiden vermag. SAVART's Polariskop besteht aus zwei Bergkrystallplatten, 1 bis 2 Millim. dick, die einer der Flächen der natürlichen Pyramiden des Krystalls parallel geschnitten und so auf einander gelegt sind, dass ihre Hauptschnitte sich rechtwinkelig kreuzen. Vor ihnen ist eine Turmalinplatte so angebracht, dass ihre Axe diesen rechten Winkel halbirt. Die drei Platten, in eine Korkscheibe eingelassen, bilden ein System von 6 bis 10 Millim. Dicke. Richtet man den Apparat auf polarisirtes Licht, so zeigen sich gerade farbige, in der Mitte durch einen schwarzen Strich getrennte Streifen, die in der Richtung der Polarisationsebene dieses Lichtes liegen. Statt der Bergkrystallplatten können auch Doppelspathplatten dienen, die den natürlichen Flächen des Rhomboëders parallel geschnitten sind [1].

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XLIX. S. 292.
2 Eine Tabelle der Polhöhen und Längen befindet sich am Ende des X. Bdes.

Zus. Mit Recht hat FECHNER[1] bemerkt, dass die Kniepresse, eine allerdings sehr nützliche und in vielen Fällen mit Vortheil anzuwendende Maschine, im Wörterbuche vergessen sey, weil sie sich in den Werken über praktische Mechanik nicht findet. Ein ihr eigenthümlicher Vorzug besteht darin, dass ihre Wirkung zunehmend wächst, je mehr der gegebene Gegenstand zusammengedrückt wird. Der Name Kniepresse ist sehr angemessen, da das dabei zum Grunde liegende mechanische Princip auch bei der Bewegung des Knies in Anwendung kommt. Man hat dasselbe sicher schon früher vielfach benutzt, wenigstens habe ich selbst dieses oft, namentlich bei Schreinern, gesehn, wenn sie Fussböden legen und die Tafeln stark gegen einander pressen, indem sie zwei Latten, deren Gesammtlänge etwas grösser ist, als der Raum zwischen den Tafeln, mit ihren Enden gegen die Tafeln stemmen, die

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XLI. S. 501.

andern Enden zur Berührung bringen und sie dann mit Gewalt niederdrücken. WOLLASTON[1] construirte hiernach eine gleichfalls horizontal liegende Presse zum Zusammendrücken des in Pulverform erhaltenen Platins, was sonst durch die allerdings stärker wirkende Bramah'sche Presse geschieht. Die Einrichtung des Apparats als Siegelpresse ist durch die Zeichnung ohne weitere Beschreibung klar; man erkennt leicht die Pressstange AB, die Stange CD, worauf der Druck ausgeübt wird, und das Querstück FG, welches an den verticalen Stangen auf und nieder gleitet und daher dem abzudrückenden Stempel E keine andere, als eine verticale Bewegung gestattet. Zugleich bemerkt man bald, dass der Hebelarm CB länger seyn muss, als ihn die Zeichnung angiebt, denn auf dem Verhältniss dieser Länge zu der des andern Armes AC beruht zum Theil die Wirksamkeit der Maschine.

Fig. 39.

Das mechanische Princip der Maschine wird durch FECHNER auf folgende Weise erläutert, wobei zugleich der in horizontaler Richtung gegen die Presse wirkende Druck berücksichtigt worden ist. Es wird indess genügen, uns hier auf den zu erhaltenden Nutzeffect K zu beschränken, welcher durch die aufgewandte Kraft, die beiden Hebelarme AC und CD und die Winkel ADC und DCB bestimmt wird. Der grösseren Einfachheit wegen werde angenommen, dass die Kraft unmittelbar in C wirke, wobei also das Verhältniss des Hebelarmes CB zu CA, wodurch übrigens die Kraft beträchtlich vermehrt werden kann, ganz unberücksichtigt bleibt. Es sey demnach die in C senkrecht auf AC wirkende, durch Cm bezeichnete Kraft $=P$; die Länge des Oberschenkels $AC=a$; des unteren Schenkels $CD=b$; der Abstand $AD=c$; der Winkel $DCB=\alpha$; der Winkel $ADC=\gamma$, so lässt sich der Nutzeffect K als eine Function von P, a, b, α ausdrücken. Es ist nämlich die in verticaler Richtung mit AD parallel wirkende Kraft

Fig. 40.

$$K=Cr=Cp.\cos.\gamma,$$

$$Cp=\frac{P}{\sin.\alpha},$$

$$\sin.\gamma=\frac{a\sin.\alpha}{c},$$

$$c^2=a^2+b^2+2ab\cos.\alpha.$$

1 Philos. Trans. 1829. p. 1. Poggendorff Ann. Bd. XVI. S. 162.

Durch Combination dieser Gleichungen erhält man

$$K = \frac{P.\cos.\gamma}{\sin.\alpha} = P\sqrt{\frac{1}{\sin.^2\alpha} - \frac{a^2}{c^2}}$$

$$= \frac{P}{\sin.\alpha} \frac{(b + a\cos.\alpha)}{\sqrt{b^2 + a^2 + 2ab\cos.\alpha}},$$

Man sieht hieraus, dass die Wirkung im umgekehrten Verhältniss des Winkels α wächst und beim Verschwinden desselben unendlich werden würde, in welchem Falle dann aber gar keine Bewegung statt finden könnte. Bei einem Winkel von 90° würde die Presse keinen anderen Nutzeffect geben, als welcher durch die Verlängerung des Hebelarmes CB von selbst entsteht. Zugleich ergiebt sich, dass die Presse zunehmend stärker wirkt; denn je mehr das Volumen des gepressten Gegenstandes geringer wird, desto mehr nimmt der Winkel α ab und die Kraft der Pressung zu. Dagegen ist das Längenverhältniss der Schenkel a und b von keinem wesentlichen Einfluss, und man wird daher a allezeit kleiner wählen, um dadurch einen längeren Hebelarm CB zu erhalten.

Meistens gebraucht man diese Maschinen zu Siegelpressen, indess lassen sie sich auch für andere Zwecke einrichten, nur möchte ich statt der von FECHNER vorgeschlagenen Verstärkung der auf das Ende B der Stange wirkenden Kraft einen Mechanismus empfehlen, um die Stange CD in Absätzen leicht zu verlängern, so wie der Gegenstand mehr zusammengepresst ist, um hierdurch zugleich den Winkel α sehr klein zu erhalten.

Zus. E. WILDE[1] findet die beweisende Stelle in dem Bu-

1 Geschichte der Optik. Berl. 1838. Th. I. S. 315.

che des MARCI p. 95, wo es heisst: Colores iridis non nisi in locis umbrosis et opacis apparent, quo nimirum lux primaria non coincidit, quae huic simulachro colorato est prorsus inimica.

Zus. Eine Anweisung zur Reduction des Psychrometers auf das Hygrometer hat CRAHAY[1] gegeben, woraus ich nur entnehme, dass er auch eine Correction für die Temperatur der im benetzten Thermometer über der Kugel eingeschlossenen Quecksilbersäule einführt, welche der der umgebenden Luft, nicht aber der der benetzten Kugel gleich angenommen wird. Das Thermometer muss hiernach etwas höher stehen, als es eigentlich sollte. Der Werth der deshalb erforderlichen Correction ist unbedeutend (und würde wohl noch geringer seyn, wenn man auf die starke Wärmeleitung des Quecksilbers Rücksicht nehmen wollte, die demselben nicht gestattet, die Temperatur der umgebenden Luft völlig anzunehmen), verdient aber dennoch für absolute Genauigkeit beachtet zu werden.

Zus. **Pulverprobe** (Powder-Trier; Eprouvette). So nennt man kleine Apparate, die mit einer bestimmten Quantität Schiesspulver geladen werden, welches durch seine Explosion eine durch eine starke Feder angedrückte Platte zu-

1 Bulletins de la Soc. de Brux. T. XI. P. I. p. 212.

rücktreibt. Durch die hierzu erforderliche Kraft lässt sich die Stärke des geprüften Schiesspulvers messen. Einen solchen alten Apparat beschreibt CASALI[1]; der beste ist der von ROBIN erfundene, welchen BEAUMÉ nur unvollkommen, HUTTON[2] aber genau beschrieben hat. Er ist ziemlich allgemein bekannt.

---

1 Comm. Soc. Bonon. T. V. P. I. p. 345.

2 Tracts. T. III. p. 153 ff.

Q.

incrustirende. 1108. versteinernde und schwefelsäurehaltige. 1109. Naphtha-, Erdöl-, Bergtheer-, Asphalt-Quellen. 1110. Ursprung der Mineralquellen. 1114. Mineralgehalt der Carlsbader Quellen. 1117. organisch-dynamische, elektro-galvanische Hypothese ihrer Entstehung. 1118. Ursache der Hitze der Thermen. 1120. vorgebliches eigenthümliches Verhalten dieser Hitze. 1123. künstliche Nachbildung der Mineralquellen. 1124. heisse Quellen, namentlich Springbrunnen auf Island. IX. 2341. Visiren der Quellen. S. **Hydraulik.** V. 519.

Zus. Die auf die Quellen bezüglichen Erfahrungen sind nicht unbeträchtlich vermehrt worden; es mögen indess nur folgende wenige Zusätze genügen. Von den eisen- oder schwefelhaltigen heissen Quellen auf Sicilien haben nach BLANQUIÈRE [1] die zu Aci 41°,25, die zu Termini 51°,25, zu Cefalu 49°,5, zu Soiacca 52°,5 C. Temperatur. Nach HERMAN [2] haben die Quellen der Tereckgruppe am Kaukasus eine Temperatur von 56°,25 bis 88°,75 C. und sind also heisser als die in der Nähe des stets brennenden Aetna. Die hohe Temperatur sollen sie nach seiner Meinung von heissen Felsen im Innern der Berge erhalten.

Quintal, metrisches. VI. 1272.
Qyrat, ägyptisches Mass. VI. 1236.

R.

Rad. VII. 1125. Wagenrad. 1126. Regeln für deren Construction. 1129. Breite der Felgen. 1131. Widerstand gegen ihre Bewegung. 1135. Rad an der Welle. 1137. Haspel. 1138. Winde und Kabestan. 1139. Krahn. 1140. Göpel. 1141. Compensation des Seils. 1143. Tretrad. 1144. Rad und Getriebe. 1147. Kronrad, Sternrad, konisches Rad. 1149. ungleiche Mengen der Zähne, Hunting Wheels. 1153. Form der Zähne. 1155. Ketten statt Getriebe. 1158. Wagenwinde. 1160. Uhren. 1161. und deren Räder. IX. 1122. Arten der Hemmung. VII. 1164. Mühlräder. 1165. mechanisches Moment des Wassers. 1166. Zusammenziehung der Wasserader. 1167. Wasserkraft. 1168. unterschlächtige Mühlräder. 1170. oberschlächtige. 1174. der wasserhaltende Bogen. 1177. Kropfräder. 1181. Räder mit ver-

---

1 Briefe aus dem mittelländ. Meere u. s. w. Weim. 1822. S. 21.
2 Nouv. Mém. de la Soc. Imp. des Nat. de Moscou. T. II. S. 331. 424. Vergl. Versuch einer systematischen Uebersicht der Heilquellen des Russ. Reichs. Von Dr. SCHERER. St. Petersb. 1820.

Zus. Das Herabfallen der Regentropfen aus ganz heiterem Himmel am 21. April 1842 beobachtete BODSON DE NOIRFONTAINE [1], und ebenso sah WARTMANN [2] zu Genf am 31. Mai bei völlig heiterem Himmel und hellem Mondscheine Regen herabfallen. Die Wärme betrug 18°,5 C. Nach MUSSCHENBROEK hat neuerdings v. HUMBOLDT [3] die Aufmerksamkeit auf dieses Phänomen gelenkt, ebenso BEECHEY, welcher es auf offener See beobachtete. Der gegebenen Erklärung, dass solche Tropfen von geschmolzenen Eispartikeln herrühren, tritt ARAGO [4] bei. Die Fälle, dass in grösserer oder geringerer Entfernung Wolken am Himmel sind, von denen der Regen durch den Wind herbeigeführt wird, sind häufiger. Einen solchen nicht unbeträchtlichen Regen beobachtete WARTMANN [5] am 9ten August Abends.

Ueber das Regnen heterogener Substanzen sind eine Menge Beispiele, hauptsächlich in französischen Zeitschriften, bekannt gemacht; da aber die Thatsache einmal constatirt und die Ursache nicht zweifelhaft ist, so mögen folgende wenige Fälle nachträglich genügen. Nach der Erzählung des Majors HARRIOT [6] fielen zu Madras im Jahre 1775 eine Menge Fische während eines Sturmes vom Himmel, zum Theil auf die Hüte der Soldaten. Am 24. März 1840 fiel zu Rajket in Ostindien bei einem dort gewöhnlichen Sturme ein Regen von Fruchtkörnern herab, wovon SYKES durch den Capitain ASTON Proben erhielt. Die Körner waren unbekannt, man glaubte aber, dass sie einer Art *spartium* oder *vicia* zugehörten. Dahin dürfte

1 Compt. rend. T. XIV. N. 18. p. 663.
2 L'Institut. 6me Ann. N. 233.
3 Relat. histor. T. III. p. 317.
4 Annuaire p. 1836. p. 281.
5 Compt. rend. 1837. T. II. p. 549.
6 L'Institut. 9me Ann. N. 391. p. 217.

denn auch das Regnen des Bohnerzes zu Iwan in Ungarn am 10. August 1841 zu rechnen seyn [1], obgleich dieses Fossil daselbst örtlich vorhanden ist und daher auf jeden Fall nicht wohl von weitem herbeigeführt worden seyn konnte [2].

Ueber die Oertlichkeiten des Regnens ist nachzutragen, dass die Annahme, als ob es in Aegypten gar nicht regne, nach dem übereinstimmenden Zeugnisse der neuesten Reisenden sich nicht bestätigt. Allerdings ist der Regen in Unterägypten selten und fehlt zuweilen Jahre lang ganz, in den oberen Theilen dagegen giebt es einzelne, mitunter sehr heftige Regenschauer, bis man weiter südlich in die Region der periodischen Regen kommt. Nach DENHAM [3] regnet es westlich von Mourzuck in fünf bis neun Jahren der Regel nach gar nicht, zuweilen aber ausnahmsweise so stark, dass Giessbäche von den Anhöhen herabstürzen. In Asien, wie OLIVIER [4] berichtet, sollen die Gebirge des Taurus die Regenwolken anhalten und Niederschläge bewirken, vor den Gebirgen dagegen, in Ghilan und Mesenderan bis zum persischen Meerbusen, von den Umgebungen der Seen Van und Urmiah bis in das Land Kaschmir soll eine solche Trockenheit herrschen, dass selbst kein Thau fällt und keine Wolken sich zeigen. Dagegen berichtet TREZEL [5], die Regen seyen in Ghilan unter 37° n. B. im ganzen Jahre so häufig, namentlich vom September bis Januar, dass man die Wege nicht passiren könne, weil sie an manchen Stellen in Teiche verwandelt würden. Es scheint daher, dass die Reisenden nach ihren Beobachtungen in einzelnen Jahreszeiten allgemeine Regeln aufstellen. Dass es am persischen Meerbusen häufig und sehr heftig, oft in Strömen regne, bestätigt auch CHARDIN [6]. An der Küste Peru's, namentlich von Arica bis Cape Blanco, eine Länge von 16 Breitegraden, regnet es allerdings überall nicht, weil die stets aufsteigenden Dünste zu nahe über der Erde bleiben, wenn kein Wind sie

---

1 Allg. Zeit. 1841. N. 293.

2 Poggendorff Ann. Bd. LIV. S. 442.

3 Beschreibung der Reise und der Entdeckungen im nördlichen und mittleren Africa. Weim. 1827. Th. I. S. 37.

4 Voyage en Perse. T. III. Cah. 7. p. 17.

5 Kunde von Ghilan und Mesenderan. Weim. 1822. S. 241.

6 Voyage. T. IX. p. 228.

wegführt und in eine höhere und kältere Region treibt. Es wird dieses auch durch STEVENSON[1] bestätigt[2].

Man nimmt an, dass in Europa die Regenmenge am Tage stärker sey, als bei Nacht, nach BOUSSINGAULT[3] in Gemässheit der unweit Marmato angestellten Messungen scheint unter den Tropen das Gegentheil stattzufinden, denn er erhielt

1827	am Tage	bei Nacht	zusammen	
October	3,4	15,1	18,5	Centim.
November	1,8	20,8	22,6	—
December	0,8	15,3	16,1	—

Ebenderselbe bemerkte, dass in der tropischen Zone die Regenmenge an höher gelegenen Orten geringer ist, statt dass in den Tyroler- und Schweizeralpen die Masse der hydrometeorischen Niederschläge grösser ist, als im südlichen Frankreich unter gleichen Breiten. Es fielen nämlich zu Marmato unter 5° 27′ n. B., 5h 11′ w. L., 1426 Met. Höhe und zu Sta-Fé-de Bogota unter 4° 35′ n. B., 5h 6′ w. L., 2641 Met. Höhe:

	Marmato		Bogota	
	1833	1834	1807	
Januar	8,1	1,8	6,6	
Februar	12,2	5,4	1,7	
März	22,1	5,5	0,6	
April	10,2	17,9	6,0	
Mai	27,9	22,4	15,3	
Juni	23,6	33,4	7,9	
Juli	—	7,8	9,5	
August	—	2,5	12,3	
September	5,1	13,2	1,8	
October	9,4	25,7	12,7	
November	33,3	17,8	9,5	
December	2,5	17,8	16,4	
	154,4	171,2	100,3	Centim.

1 Reisen in Arauco, Chile, Peru und Columbia. Weim. 1816. S. 102.

2 Eine reiche Nachlese zu den Bestimmungen der Regenverhältnisse an den verschiedenen Orten auf der Erdoberfläche bietet eine gelehrte Abhandlung FOURNET's: Recherches sur la disposition des zones sans pluie et des deserts. 1844.

3 Poggendorff Ann. Bd. VII. S. 258.

also im Mittel für Marmato 59 Zoll 11 Lin. und für Bogota 37 Z. Noch auffallender zeigt sich der Einfluss der Oertlichkeit auf der Insel Guadeloupe, wo überhaupt die Regenmenge grösser seyn muss, als im Wörterbuche angegeben ist, wenn nicht jene Bestimmung für einen anderen Ort auf derselben Insel gleichfalls richtig ist. Nach COURLET DE VRÉGILLE[1] war die jährliche Regenmenge zu Basse-Terre nahe bei der See und in geringer Erhebung über dieser und zu Matouba im Innern der Insel am Fusse von Bergen mit Urwaldungen vom 27. Aug. 1827 bis Ende Juli 1828:

	Basse-Terre	Matouba.
Januar	0,478	1,004
Februar	0,245	1,710
März	0,054	0,259
April	0,117	0,334
Mai	0,290	0,841
Juni	0,423	0,613
Juli	0,514	1,094
August	0,180	0,541
September	0,370	0,451
October	0,190	0,575
November	0,150	0,543
December	0,220	0,460
	3,231 Meter	7,425 Meter.

Also zu Basse-Terre 9,66 par. Fuss oder 115,92 Zoll und zu Matouba mehr als das Doppelte, nämlich 22,85 par. Fuss oder 274,2 Zoll. Die letztere Grösse übertrifft alle im Wörterbuche angegebene bedeutend, ist aber dennoch nicht die grösste auf der Erde, denn nach SYKES[2] fielen zu Mahabuleshwar unter 17° 58′ 53″ n. B., 73° 29′ 50″ östl. L. v. G., 4220 par. Fuss über dem Meere folgende Regenmengen:

Januar	0,00	Juli	118,60
Februar	0,25	August	75,91
März	0,00	September	65,97
April	0,00	October	9,29
Mai	0,16	November	0,00
Juni	32,03	December	0,00

1 Compt. rend. T. VII. p. 743.
2 Bibl. univ. de Genève. T. XXVIII. p. 407.

also im Ganzen 302,21 engl. Zoll oder 283,32 franz. Zoll. Der Ort liegt am westlichen Abhange der Ghats oder Ghauts-Gebirge, unfern der Quelle des Kistnah-Flusses. POGGENDORFF[1] stellt zur Vergleichung diese mit andern Regenmengen zusammen. Für Bombay, was nicht weit von Mahabuleshwar und dicht am Meer liegt, giebt er 75,6 franz. Zoll, für Anjarakandy dagegen, was schon am Fuss des Gebirges liegt, nahe 116 franz. Zoll, Punah aber, jenseits des Gebirges auf der Hochebene Indiens, hat nur 21,98 franz. Zoll. Merkwürdig ist die in kurzer Frist fallende Menge der tropischen Regen. Nach PEMBERTON[2] fielen zu Arracan im J. 1825 zwischen den Monaten Juni bis October 184,85 franz. Z. und zu Charra-Punji in den Kossiyah-Gebirgen ungefähr unter 25° 10′ n. B., 92° östl. L. v. G. in den Monaten Juni, Juli, August und September sogar 211 franz. Z. Regen. Nach FREYCINET[3] beträgt die sehr schwankende Regenmenge zu Port-Louis auf Isle de France 29,25 bis 75,41 Zoll in 79 bis 129 Regentagen, nach genauen Messungen in den Jahren 1841 und 1842[4] betrug die Regenmenge im ersteren Jahre 36 Z. 6,2 Lin., im zweiten 24 Z. 4,1 Lin. Merkwürdig dabei ist, dass die Verdunstungsmenge in beiden Jahren grösser angegeben wird, nämlich 54 Z. 7,4 Lin. im ersten und 52 Z. 2,3 Lin. im zweiten Jahre. Ausnahmsweise haben Orte unter höheren Breiten zuweilen ungewöhnliche Regenmengen. So betrug[5] zu Brüssel, wo seit 1833 binnen 24 Stunden nie mehr als 1 Zoll 10,28 Lin. Regen fielen, am 4ten Juni 1839 bei einem Gewitter die Regenmenge binnen 3 Stunden 3 Z. 2 Lin.

Die Thatsachen über wechselnde Regenmengen lassen sich noch durch folgende vermehren[6]. FLEURIEAU DE BELLEVUE fand zu Rochelle, dass die Regenmenge in den letzten 8 Jahren bis 1842 grösser war, als im Mittel aus 42 früheren Jahren, und zwar wegen Zunahme der Herbstregen. Ebendieses

1 Dessen Ann. Ergänzungsbd. S. 369.

2 Journ. of the Geogr. Soc. T. VIII. p. 391.

3 Voyage. T. I. p. 367.

4 BOUTON in Rapports sur les travaux de la Soc. natur. de l'Isle Maurice etc.. 12me et 13me Rapp. Maurice 1843.

5 L'Institut. 7me Ann. N. 286. p. 206.

6 Ebend. 12me Ann. N. 535. p. 109.

beobachtete AL. PERREY zu Dijon, denn es war daselbst aus 23 Jahren von 1763 bis 1785 das Mittel 660,79 Millim. und dabei das Maximum von 899,08 Millim. im Jahre 1770, das Minimum von 478,85 Millim. im J. 1784. Dagegen war in den 5 Jahren von 1838 bis 1842 das Mittel 750,1 Millim. und dabei das Maximum von 909,00 Millim. im Jahre 1841, das Minimum von 527,00 Millim. im Jahre 1842.

Zus. In südlichern Gegenden sind farblose Regenbogen nicht selten, wie sich aus den mitgetheilten Beobachtungen von NIEBUHR, St. JOHN [1] und SYKES [2] ergiebt. Genaue Messungen der Regenbogen mit Beziehung auf frühere ähnliche Untersuchungen hat GALLE [3] mitgetheilt.

Zus. Es sind zwei neue selbstregistrirende Regenmesser bekannt geworden, eins von DONOVAN [4], welches nur ein modificirtes Taylor'sches und noch complicirter als dieses ist, und das andere von MOHR [5]. Letzteres, Ombrometrograph genannt, beruht auf dem Princip des künstlichen Tantalus oder Vexirbechers. Das aufgefangene Regenwasser fliesst aus einer gebogenen Röhre in eine Röhre, welche in die mittlere Oeffnung einer Woulfe'schen Flasche so gesteckt ist, dass die in letzterer enthaltene Luft neben den Wandungen beider Röhren entweichen und die Flasche ganz mit Wasser gefüllt werden kann. Ist dieses geschehen, so entfernt sie sich ganz durch den zu fliessen beginnenden Heber in einen Becher mit einem gleichfalls sich selbst füllenden Heber. Das Gewicht dieses Bechers drückt einen Hebelarm nieder, an welchem ein

Fig. 40.

---

1 Lives of celebrated travellers. T. III. p. 121.
2 Philos. Trans. 1835. P. I. p. 194.
3 Poggendorff Ann. Bd. LXIII. S. 342.
4 Dublin philos. Journ. N. II. p. 285.
5 Poggendorff Ann. Bd. LV. S. 310.

Sperrkeil in ein Rad mit schrägen Zähnen greift, dieses um einen Zahn fortschiebt und somit die Zahl der Entleerungen der ersten Flasche misst. Der Hebelarm bewegt zugleich eine Stange, welche beim Niedersinken des Bechers einen Hahn umdreht, um das Zuflussrohr abzusperren, und erst dann wieder zu öffnen, wenn Flasche und Becher durch ihre Heber gänzlich entleert sind.

Der Apparat ist, wie man aus dieser Beschreibung und noch deutlicher aus der Zeichnung ersieht, sinnreich construirt, doch scheint er mir folgenden Fehlern zu unterliegen. Der complicirte Mechanismus des Räderwerks, welchen Mohr dem Taylor'schen (und Horner'schen) vorwirft, ist nach meinen Erfahrungen keineswegs hinderlich, schwierig dagegen dürfte es seyn, die für diesen neuen erforderlichen Gewichte gehörig zu balanciren, namentlich um den Hahn jederzeit gehörig zu öffnen und zu schliessen, da in beiden Fällen, wenn dieses nicht stattfände, gar keine Messung möglich wäre. Da aber der Hahn der freien Luft und dem Regen, so wie dem stets in der Atmosphäre schwebenden Staube ausgesetzt ist, wenn man ihn nicht überbauen und dadurch das Ganze noch complicirter machen will, da ferner Trockenheit und Nässe, Kälte und Wärme abwechselnd auf ihn wirken, so dürfte er leicht zu schwer beweglich werden, als dass das Uebergewicht des Wassers im Becher ihn zu öffnen oder dessen Gegengewicht ihn zu schliessen vermöchte. Ist vollends das Regenwasser, wie immer, etwas unrein, namentlich durch Substanzen, die in das Auffangegefäss fallen, so kann sich leicht etwas Schmutz zwischen seine Wandungen drängen und seine Beweglichkeit vermindern. Wählt man eine weite Durchbohrung desselben, so muss er selbst grösser und somit schwerer beweglich seyn, eine enge Durchbohrung desselben könnte aber verursachen, dass sich die Oeffnung mit Schmutz verstopfte, welchen das Wasser stets mit sich führt, selbst wenn das Auffangegefäss mit einem feinen Seiher versehn ist. Ein Hauptfehler, welcher den gemeinen Regenmessern zum Vorwurf gereicht, haftet an diesem gleichfalls, nämlich der der Verdunstung aus dem Gefässe A, wenn dieses nach einem Regen nicht ganz gefüllt ist und dann anhaltende Trockniss eintritt. Der Raum zwischen den beiden Röhren d darf nicht zu eng seyn, denn sonst könnte das Wasser zwischen beiden anhängen und überfliessen, ohne dass

der Heber zu fliessen begänne, bei grösserem Zwischenraume ist aber die Verdunstung unvermeidlich. Bei schwachem Regen endlich kann leicht das Wasser im Heberschenkel b tropfenweise herabfallen, ohne dass der Heber fliesst, hierdurch könnte der zweite Becher so schwer werden, dass er, ohne das Fliessen seines Hebers, herabsänke und den Hahn schlösse, wodurch dann der ganze Apparat zum Stillstehn käme. Das Heberende b muss in das Zinkgefäss herabgehen, in welchem sich der Messapparat befindet, denn sonst würden unfehlbar Thiere hineinkriechen und ihn verstopfen: Mohr versichert, den Apparat durch die Erfahrung erprobt gefunden zu haben, welcher übrigens in einem Keller aufgestellt ist, wodurch allerdings der grösste Theil der gemachten Anstände, namentlich der Verdunstung und des leichten Festklemmens des Hahns, ganz oder theilweise beseitigt wird.

Der Horner'sche Regenmesser würde allen billigen Forderungen genügen, da das Zeigerwerk, wenn gut gemacht, nie in Unordnung kommt und die Feinheit der Messung sehr gross ist, sofern bei einem Auffangegefässe von etwa 15 Z. Seite das Schiffchen etwa 200 Mal für 1 Zoll Wasserhöhe eine doppelte Oscillation macht und somit 0,005 Z. Regenhöhe gemessen werden kann. Allein die Ausgussröhre muss eine feine Oeffnung haben, die sich dann leicht verstopft. Um diesem zu begegnen, dient ein genau schliessender Seiher mit sehr feinen Löchern oder aus Kupferdraht geflochten und eine etwa 1 Zoll über ihm im nach unten konischen Auffangegefässe liegende Glasscheibe, an deren Rändern, die nicht absolut genau anschliessen, das Wasser leicht herabfliesst. Nicht leicht vermeidlich ist dagegen ein anderer Fehler. Bei starkem Regen häuft sich das Wasser in dem Auffangegefässe und es fliesst dann in gleichen Zeiten eine grössere Menge Wasser durch das Röhrchen. Weil aber die Zeit einer Oscillation des Schiffchens sich stets gleich bleibt, so wird in diesem Falle während des Umschlagens, bis das scheidende Blech auf die andere Seite des Einflussröhrchens gelangt, mehr Wasser in die jedesmalige Abtheilung fliessen und somit werden weniger Oscillationen zu gleichen Regenhöhen gehören. Dieser Fehler ist so bedeutend, dass ich aller angewandten Mühe ungeachtet bei einem solchen Regenmesser die Zahl der einer gegebenen Regenhöhe zugehörigen Oscillationen nur annähernd bestimmen konnte.

Diesemnach dürfte dem gewöhnlichen Regenmesser, einem weiten Auffanggefässe, aus welchem das Wasser der Verdunstung wegen durch ein enges Rohr in ein unteres kleineres, die Höhe um 4 bis 10 Mal vermehrendes, verschlossenes Gefäss abfliesst, der Vorzug gebühren. Das untere Gefäss wird zweckmässig im Boden mit einer Düte versehen und in diese eine doppelt rechtwinkelig gekrümmte Glasröhre gesteckt, deren äusserer vertical aufstehender Schenkel eine Scale zum Messen der Wasserhöhe im Gefässe enthält und durch deren Ausziehn man zugleich dieses Gefäss ausleeren kann.

Zus. Weitere Untersuchungen über die heterogenen Substanzen, die man im Regenwasser gelöst oder ihm beigemengt findet, hat WITTING [1] angestellt.

Zus. Um die für die Bewegung der Locomotiven auf Eisenbahnen erforderliche Kraft genauer zu bestimmen, haben WOOD, MORIN und PAMBOUR Versuche in grosser Menge und mit vorzüglicher Sorgfalt angestellt, aus denen sich der Reibungscoefficient ergiebt [2]. Ein nicht wohl bestimmbarer und bei entgegenwehendem Winde nicht unbedeutender Widerstand ist der der Luft. Wird dieser nicht mitgerechnet, so kann die rollende oder wälzende Reibung der Räder = 0,00032 der Last angenommen werden, die gleitende Reibung der Büchsen an

---

1 Archiv des Apothekervereins. Th. XI. Hft. 1. Th. XIV. Hft. 1.

2 MORIN Nouvelles expériences sur le frottement, faites à Metz en 1831. 1832. 1833. Par. 4. deuxième Mémoire. 1834. troisième Mémoire. 1835. 4. Lehrreiche Abhandlungen, worin zugleich ausführliche Tabellen über die Reibungscoefficienten bei verschiedenen Körpern und unter abgeänderten Bedingungen enthalten sind. — Traité théorique et pratique des machines locomotives etc. par le Comte F. M. G. DE PAMBOUR. 3me éd. Par. 1843.

Zus. **Rheostat** ist ein von WHEATSTONE erfundener Apparat, welcher bestimmt ist, die Stärke der galvanischen Ströme zu messen und diese dauernd gleich zu erhalten. Dasselbe hat grosse Aehnlichkeit mit dem von JACOBI erfundenen Voltagometer oder Agometer und WHEATSTONE bediente sich desselben bei seinen bereits erwähnten Intensitätsmessungen der elektrischen Ströme[1]. Der durch seine Bequemlichkeit und geringere Kostbarkeit vor dem Agometer sich auszeichnende Apparat besteht im Wesentlichen aus zwei 6 Z. langen und 1,5 Z. im Durchmesser haltenden Cylindern, dem einen von Messing, dem andern von Holz, welche einander parallel und horizontal jeder um seine Axe mittelst einer Kurbel drehbar auf einem gemeinschaftlichen Gestelle befestigt sind. Der hölzerne Cylinder hat auf 1 Zoll 40, also im Ganzen 240 Schraubenwindungen, in welche ein 0,01 Z. im Durchmesser haltender Messingdraht gewunden ist, statt dessen man besser Neusilber wählen würde, um einen noch schlechteren Leiter zu haben. Am einen Ende ist dieser Cylinder mit einer Messingscheibe versehen, an welcher das eine Ende des Drahtes festsitzt und gegen welchen eine Metallfeder drückt, die zugleich zur Leitung des elektrischen Stromes dient. Der Draht ist dann in den Schraubenwindungen um den ganzen Cylinder gewickelt und somit isolirt; sein anderes Ende aber ist am Messingcylinder befestigt, gegen welchen am entgegengesetzten Ende gleichfalls eine Metallfeder drückt, um die Fortleitung des Stromes zu vermitteln. Dreht man den Messingcylinder mittelst einer Kurbel um seine Axe, so wickelt sich der Draht um diesen auf und um ebenso viel vom hölzernen Cylinder ab, durch Umdrehung des hölzernen Cylinders nach der entgegen-

1 Philos. Trans. 1843. P. II. Daraus in Poggendorff Ann. Bd. LXII. S. 499.

1 Jahrb. des polyt. Instituts zu Wien. Th. IX. S. 43.
2 Hydrodynamik. Gött. 1797. S. 33.
3 Edinburgh Journ. of Sc. T. II. p. 293.
4 Ann. de Chim. et Phys. T. XLIII. p. 244.

merkung angegebenen Formel PRONY's, die auch EYTELWEIN annimmt, bei den Toulouser und Pariser Wasserleitungen ein um ein Drittel zu grosses Resultat.

Zus. Ueber den Rotationsmagnetismus hat W. SNOW HARRIS[1] gehaltvolle Untersuchungen angestellt. Die Versuche machte er mit Scheiben und Ringen und suchte dabei die Einwirkungen auf die Magnetnadel auf allgemeine Gesetze zurückzubringen.

Zus. **Rückstrom.** Nach DE LA RIVE findet ein solcher in der geschlossenen Säule statt und der durch die Elektroden geleitete Strom ist bloss der Ueberschuss des letzteren

---

1 Philos. Trans. 1831. P. I.

S.

---

1 Dessen Ann. Bd. LVI. S. 353. Bd. LXII. S. 241.

2 Philos. Trans. 1835. P. II.

3 Annals of Philosophy. T. I. p. 329. Philos. Magaz. T. LXIII. p. 241.

besteht aus einer gebogenen Kupferplatte k mit einem Streifen am einen Ende, an welchen bei l der Streifen einer Zinkplatte z gelöthet ist. Die letztere befindet sich also zwischen zwei Kupferplatten und wird von den nahen Wandungen derselben durch kleine zwischengeschobene Korkstückchen getrennt. Die Art ihrer Zusammensetzung ist aus der Zeichnung deutlich, es muss jedoch bemerkt werden, dass die Kupferplatten durch dünne Holzblätter, statt deren FARADAY dickes Papier wählte, getrennt waren. HARE's Apparat bestand aus zwei gleichen Trögen, deren äussere Wandungen in einem rechten Winkel zusammengefügt waren und in deren einem sich die Platten, im andern die Säure befand, so dass, wenn letzterer durch die Drehung einer gemeinschaftlichen Axe eine horizontale Lage erhielt, die Säure aus ihm in den ersteren floss und umgekehrt. Der Brauchbarkeit steht offenbar das Hinderniss entgegen, dass die Metalle sich nicht reinigen lassen. Um die eine Seite des Kupfers nicht unbenutzt zu lassen und das Papier oder Holz, welches doch sehr bald von der Säure durchdrungen und, wenigstens das Papier, zerstört wird, bog JAMES YOUNG[1] sowohl die Zink- als auch die Kupferplatten gleichmässig, wie die Zeichnung angiebt, zusammen, liess an ihnen einen Lappen l stehen, um durch diesen ihre Verbindung herzustellen, spannte die sämmtlichen, zwischen einander geschobenen Platten in einen hölzernen Rahmen und senkte sie in einen Trog mit Säure, in welche sie eingetaucht oder mittelst einer Schnur aus ihr in die Höhe gezogen werden konnten. Eine ähnliche Construction wählte WARREN DE LA RUE[2]; um aber die Wirkungen constanter zu erhalten, wandte er eine Solation von Kupfervitriollösung als Flüssigkeit an. Der von N. J. CALLAN[3] beschriebene Apparat wird genügend bezeichnet, wenn man sagt, dass Wollaston'sche Tröge, 20 an der Zahl, neben einander gestellt waren, die zu 2; 3; 4.... vereinigt zur Herstellung einer einfachen oder zusammengesetzten Kette dienten. Diesen ähnlich sind die Säulen, die man mit den zu medicinischen Zwecken bestimmten Inductionsapparaten verbindet. Sie bestehen aus einigen Paaren gleich grosser

Fig. 42.

Fig. 43.

Fig. 44.

1 London and Edinb. Phil. Mag. N. LXI. T. X. p. 241.
2 Ebend. p. 244.
3 Ebend. N. LVI. T. IX. p. 472.

Kupferplatten, zwischen deren jedes eine gleich grosse Zinkplatte mit zwei nassen Tuchscheiben geschoben wird. Iedes solches Element ist vom folgenden durch eine trockne Pappscheibe getrennt, und es lassen sich dann alle Kupferscheiben an einer Seite und alle Zinkscheiben an der anderen Seite mit einander zur einfachen, oder je zwei Kupferplatten mit der nächsten Zinkplatte zur zusammengesetzten Kette mit einander verbinden. Erwähnt werden möge endlich noch, dass DESBORDEAUX[1] angiebt, gewöhnliche Wollaston'sche Trogapparate behielten ihre Kraft lange, wohl mehrere Tage ungeschwächt, wenn man bei ihnen als Flüssigkeit eine gesättigte Lösung von schwefelsaurem Zink mit einem kleinen Zusatze von schwefelsaurem Kupfer und Schwefelsäure anwende. Solche Säulen liessen sich auch zur Galvanoplastik anwenden, und man dürfe nur, wenn die Kraft abnähme, wieder etwas schwefelsaures Kupfer und Schwefelsäure zusetzen.

Eine weit grössere Beachtung, als die so eben beschriebenen, fand BECQUEREL'S (unter diesem Namen bekannte) Säule, wobei er zugleich den Anfang machte, die Flüssigkeiten durch einen porösen Körper zu trennen und dadurch die Wirkung auf längere Zeit constant zu erhalten. Um die schon von VOLTA gekannten zwei Hindernisse der Wirksamkeit der Säulen, den Widerstand der Flüssigkeiten und den aus der Polarisation der Platten entstehenden Gegenstrom, zu beseitigen, wählte BECQUEREL[2] das Mittel, die Elektricität, welche durch die Verbindung zweier Substanzen entwickelt wird, zur Zersetzung einer andern zu verwenden. Er füllte daher eine 5 bis 6 Millim. weite Glasröhre, die unten durch Thon, mit Aetzkali oder Aetznatron erweicht, verstopft war, mit einem dieser Alkalien, senkte sie in ein Glas mit concentrirter Salpetersäure, tauchte in die Röhre und das Gefäss einen Platindraht, und sah, nachdem diese mit ihren oberen Enden verbunden worden waren, eine ziemlich starke Gasentwicklung an dem in Aetzlauge stehenden. Das entwickelte Gas ist reines Sauerstoffgas, welches an der positiven Elektrode aufsteigt, während der Wasserstoff des zerlegten Wassers an der negativen die Säure desoxydirt und salpe-

1 Compt. rend. T. XIX. p. 273.

2 Bibl. univ. T. LX. p. 215. Poggendorff Ann. Bd. XXXVII. S. 429.

trige Säure bildet, die sich in der Salpetersäure auflöst. Eine ähnliche, aus verdünnter Schwefelsäure, Kochsalzlösung und feinem Sande in einer U-förmig gebogenen Glasröhre bestehend, hat AIMÉ[1] construirt.

Gleich nach der Bekanntwerdung dieser Säule wurde die Wirksamkeit derselben durch MOHR[2] bestritten, weil FARADAY[3] durch eine grosse Reihe Versuche, wobei namentlich auch Aetzkali und verdünnte Schwefelsäure durch Fliesspapier getrennt in Anwendung gebracht worden waren, gefunden haben wollte, dass durch den Contact einer Säure mit einem Alkali (wobei übrigens die Berührung der Metalle mit den Flüssigkeiten billig nicht unbeachtet bleiben durfte) kein elektrischer Strom erzeugt werden könne, indem hierzu eine chemische Zersetzung unerlässliche Bedingung sey. Controlirende Versuche führten ihn diesem gemäss zu dem Resultate, dass eine Zersetzung der salpetrigen Säure stattgefunden habe und Salpetergas, worin gleichfalls ein glimmender Spahn sich entzünde, mit Sauerstoffgas verwechselt worden sey. Inzwischen fanden die Becquerel'schen Versuche sofort mehrere gewichtige Vertheidiger, welche ganz unabhängig von einander die Thatsachen einer genauen Prüfung unterwarfen. Der bedeutendste von beiden, M. H. JACOBI[4], construirte einen Apparat, bei welchem eine Glasröhre, deren unterstes Ende durch einen Cylinder aus weissem Bolus mit Kochsalzlösung, worin etwas Kali zerlassen war, verstopft, oben mit Kalilösung gefüllt, durch einen Kork luftdicht verschlossen und so in ein Gefäss mit reiner Salpetersäure gesenkt wurde. Nachdem in die Röhre und das Gefäss ein Platinblech herabgelassen und beider Enden mit einem Galvanometer verbunden worden waren, begann der Strom und damit zugleich eine merkliche Entwicklung von Gas, welches durch eine im verschliessenden Korke gehende gekrümmte Röhre abgeleitet, in einer Messröhre aufgefangen und bei der Prüfung als reines Sauerstoffgas befunden wurde. Hiernach ist also die Wirksamkeit der Becquerel'schen Kette gerettet, die auf jeden Fall einen Strom erzeugt, wiewohl einen schwa-

1 L'Institut N. 136. p. 402.
2 Poggendorff Ann. Bd. XXXIX. S. 129.
3 §. 930 ff.
4 Poggendorff Ann. Bd. XL. S. 67.

chen, dessen Existenz also von FARADAY nicht wahrgenommen werden konnte, wie JACOBI durch Vergleichung desselben mit dem der Zink-Kupfer-Kette zeigt. Eben daher konnte auch BECQUEREL keine durch denselben erzeugte Wärmeentbindung wahrnehmen. Worauf hierbei die Entstehung des Stromes beruhe, darüber wagt MOSER[1], welcher übrigens den Becquerel'schen Versuch wiederholte und vollkommen richtig fand, nicht zu entscheiden, LENZ[2] aber findet die Ursache in dem modificirenden Einflusse der Säure und des Alkali auf die eingesenkten Platinplatten. Die letztere Ansicht theilt auch PFAFF[3] mit Berufung auf die von ihm in seiner „Revision der Lehre vom Galvano-Voltaismus" bewiesenen Thatsachen, wonach die Metalle durch Berührung mit Alkalien weit elektronegativer werden, als mit Säuren, wonach also der positive Strom von dem negativeren Metalle in dem Alkali zum positiveren in der Säure gehen musste, der Natur der Sache nach aber nur ein schwacher seyn konnte. MOHR[4] suchte die ihm gemachten Einwendungen zu widerlegen und stellte eine grosse Reihe von Versuchen an, wobei die Säuren von den Alkalien und selbst von Wasser in einem Glasgefässe durch eine Wandung von Fliesspapier getrennt waren. Auffallend dabei ist, dass bei der Wiederholung des ursprünglichen Becquerel'schen Versuches die Gasentbindung so äusserst gering war, in welcher Beziehung das Resultat bedeutend von dem durch JACOBI erhaltenen abweicht. Bei den zusammengestellten Resultaten aus der Gesammtreihe der Versuche ist es etwas auffallend zu lesen: 1) „aus der Verbindung von einer Säure mit einem Alkali entsteht kein elektrischer Strom," und dann sogleich 2) „bei der Verbindung von Salpetersäure mit Kali entsteht ein elektrischer Strom vom Kali zur Salpetersäure, und von dieser durch die Metallleitung ins Kali zurück." Da es in nächster Beziehung auf die Becquerel'sche Säule nur auf die Constatirung dieser Thatsache ankommt, so ist es unnöthig, auf das Einzelne weiter einzugehen, und es mag daher bloss noch erwähnt werden, dass durch verschiedene Verbindungen heterogener Flüssigkeiten ein Strom erzeugt wird, bei

---

1 Repertorium der Physik von Dove und Moser. Berl. 1837. Bd. I. S. 194.

2 Bullet. scient. de St. Petersb. N. 22.

3 Poggendorff Ann. Bd. XL. S. 443.

4 Poggendorff Ann. Bd. XLII. S. 76.

der Zersetzung von Kochsalz durch Schwefelsäure (einer eigentlich chemischen) aber ausbleibt, wodurch das Axiom, dass zu jedem elektrischen Strome eine chemische Zersetzung nöthig sey, mindestens sehr problematisch wird. Nicht zufrieden mit den hier erwähnten Resultaten und Schlüssen nahm Pfaff[1] den Gegenstand abermals vor, trennte beide Flüssigkeiten durch Thierblase, untersuchte die Combinationen verschiedenartiger Metalle mit verschiedenartigen Flüssigkeiten und bediente sich dabei eines vorzüglich feinen Multiplicators. Die mit letzterem verbundenen Metalle waren Bleche von Platin, Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei und Zink. Alle Säuren ohne Unterschied gaben mit einer Kalilauge einen elektrischen Strom, welcher stets vom Laugensalze zur Säure geht, mit der höchst merkwürdigen Ausnahme der Salpetersäure, bei welcher die Richtung die umgekehrte ist. Die ersten vier der genannten Metalle gaben viel schwächere Ströme, als die letzten drei. Auch Säuren mit Wasser geben einen vom Wasser zur Säure gehenden Strom, und Kalilauge mit Wasser einen solchen, welcher vom Kali zum Wasser geht. Chlorkaliumlösung und Kochsalzlösung geben mit Salzsäure einen beträchtlichen Strom, wobei sie sich wie ein Alkali verhalten, und ebenso giebt Salpetersolution mit Salpetersäure, Glaubersalzlösung mit verdünnter Schwefelsäure einen Strom.

Becquerel[2] hat später seiner Säule eine etwas veränderte Gestalt gegeben und sie dadurch wirksamer gemacht. Sie besteht hiernach aus zwei Glasbechern, deren einer concentrirte Salpetersäure, der andere concentrirte Kalilösung enthält. Beide wurden durch eine gekrümmte, mit feinem, in Kochsalzlösung getränktem Thone gefüllte, Glasröhre leitend verbunden. In den Becher mit Alkali senkte er einen Goldstreifen, in den mit Salpetersäure einen Platinstreifen, welche durch ein Galvanometer verbunden einen Strom gaben, worin das Gold negative Elektricität zeigte. Für eine kräftigere Säule dieser Art nahm er zwei Platinröhren, jede an ihrem einen Ende gekrümmt, um dieses Ende in eine Glasröhre zu stecken, füllte eine der Platinröhren mit Thon, der mit Salpetersäure getränkt war, die andere mit solchem, der mit Kalisolution getränkt war, und die

1 Poggendorff Ann. Bd. XLIV. S. 542.
2 Compt. rend. T. IV. Poggendorff Ann. Bd. XLII. S. 307.

verbindende Glasröhre mit Thon, der mit Kochsalzlösung getränkt war; die unteren Enden der Platinröhren wurden mit stark durchlöcherten Platindeckeln geschlossen. Hierauf tauchte er die Röhre, welche den mit Salpetersäure getränkten Thon enthielt, in Salpetersäure, die andere, den mit Kalilauge getränkten Thon enthaltende, in Kalilösung. Man kann auch dem Thon eine gewisse Menge gepülverten Platins zusetzen, um den Uebergang der Elektricität aus ihm zu den Wänden der Platinröhren zu erleichtern. Platindrähte, an den Enden der eingetauchten Röhren durch Umwindung befestigt, leiten den Strom, und mehrere solche Apparate mit einander verbunden bilden eine Säule, welche stärkere und constante Wirkungen zeigt.

Eine etwas veränderte Gestalt, welche BECQUEREL[1] später seiner Säule gegeben hat, scheint mir keiner näheren Beschreibung werth zu seyn. Die dabei entstehenden elektrischen Ströme leitet er aus der Verbindung der Säure mit dem Alkali her und sucht überhaupt die Erscheinungen im Sinne der elektrochemischen Theorie zu erklären. Auffallend war es ihm gleich bei der Entdeckung dieser Säule, dass dieselbe in einem feinen Platindrahte gar keine Wärme entwickelte, und dieser Umstand wurde auch bei den nachfolgenden Untersuchungen mit berücksichtigt, weil man ihn mit der stattfindenden starken Gaserzeugung unvereinbar fand. LENZ[2], welcher die Versuche mit einigen Modificationen wiederholte, erklärt dieses einfach nach dem Ohm'schen Gesetze aus einer Vergleichung mit andern Ketten. Heisst die elektromotorische Kraft des Apparates A, der Widerstand des stromleitenden Drahtes L, der Flüssigkeit l und des Ueberganges λ, so ist die Wirkung der Säule

$$F = \frac{A}{L + l + \lambda}.$$

Hierin ist L verschwindend klein wegen der grossen Leitungsfähigkeit des Drahtes, l bedeutend kleiner als λ, welches wegen Mangels an chemischem Einfluss auf die Metalle sehr gross ist (weswegen auch die positiveren Metalle nach PFAFF einen stärkeren Strom geben). Die Einschaltung eines Drahtes von

1 Compt. rend. T. VI. p. 125. Poggendorff Ann. Bd. XLIV. S. 537.

2 Bulletin de la Soc. de St. Petersb. T. I. Poggendorff Ann. Bd. XLVII. S. 590.

n mal kleinerem Durchmesser wird L um n mal grösser machen, was unbedeutend ist, werden aber die Platinbleche n mal vergrössert, so wird λ als der Haupttheil des Nenners dadurch n mal verkleinert, da der Uebergangswiderstand der Fläche umgekehrt proportional ist, weswegen auch die Gasentwicklung der Fläche der Elektroden fast proportional gefunden wurde. Der Mangel der entwickelten Wärme ist Folge der Schwäche des Stromes, denn in einem von LENZ construirten Apparate betrug die Ablenkung der Nadel nur 22°, obgleich die Gasentwicklung bedeutend war. Eine gleich grosse Ablenkung gab ein Zink-Kupfer-Paar von 1 Zoll Fläche mit Flusswasser, und ein solcher Strom kann keine messbare Wärme erzeugen. In Beziehung auf die Ursache des erregten Stromes hat LENZ die Ansicht, dass diese auf dem modificirenden Einflusse beruhe, welchen Säure und Alkali auf das Platin ausüben, wobei er sich auf die bekannte Umkehrung des Stromes bei einer Eisen-Kupfer-Kette bezieht, welche eintritt, wenn man diese, statt in verdünnte Schwefelsäure, in concentrirte Schwefellebersolution taucht.

Die ausführlichsten Untersuchungen über die Becquerel'sche Säule hat FECHNER [1] angestellt. Genau genommen ist sie nach ihm nichts weniger, als wofür sie von den meisten genommen wurde, nämlich eine ganz neue Erfindung, sondern sie gehört unter die längst bekannte Classe der Säulen aus einem Erreger der ersten und zwei Erregern der zweiten Art, wie diese im Sinne der Volta'schen Theorie genannt wurden und wovon bereits im Art. Galvanismus (Bd. IV. S. 855) die Rede war. Später, und weit ausführlicher, als dieses durch PFAFF, den Bearbeiter des genannten Artikels, geschehn ist, hat FECHNER [2] die Aufgabe untersucht und das Bekannte durch eigene Versuche erweitert. Die Erfindung der Becquerel'schen Kette und die verschiedenen Ansichten, die sie hervorrief, veranlassten FECHNER, das Problem abermals in seinem ganzen Umfange zu untersuchen, wobei er eine ausnehmend grosse Reihe vielfach modificirter Versuche durch Combination der verschiedensten Flüs-

1 Poggendorff Ann. Bd. XLVIII. S. 1 und 225.

2 Lehrbuch des Galvanismus und der Elektrochemie. Leipz. 1829. S. 450 ff.

sigkeiten mit den verschiedensten festen Körpern anstellte. Es ist hier nicht der Ort, die Resultate derselben auch nur im Auszuge mitzutheilen, es folgt aber im Ganzen daraus, dass man nicht genöthigt ist, die Erregung des Stromes aus chemischen Actionen abzuleiten, da sie sich weit natürlicher auf das galvanische Verhalten der verschiedenen Körper zurückführen lassen.

Bei weitem die wichtigste Verbesserung hat die Volta'sche Säule dadurch erhalten, dass es gelang, ihre Wirkung dauernder zu machen. Bekanntlich verlieren die Säulen ihre Kraft sehr bald dadurch, dass Auflösungen des einen oder beider Metalle wechselseitig zu einander übergehen, wodurch ihre Oberfläche verändert und der Uebergangswiderstand vermehrt wird. Hauff suchte diesen Nachtheil durch die eigenthümliche Construction seiner Säule zu beseitigen, ohne jedoch diesen Zweck zu erreichen, auch hat Poggendorff[1] aufgefunden, dass die Zink-Kupfer-Kette bedeutende Verstärkung und längere Dauer erhält, wenn man die Kupferplatten vorher an der Luft bis zum Verschwinden der anfänglich entstehenden Farben erhitzt, oder sie in Salpetersäure taucht und sofort in Wasser abspült, was ebenso leicht als mit bedeutendem Nutzen geschehen kann; allein immerhin fehlt ihnen auch dann die oft wünschenswerthe Beständigkeit. Die Erfindung der eigentlichen, und auch bestimmt so genannten, Säule von constanter Wirkung ist wohl streitig, indem einerseits Becquerel sie sich anmasst, sofern er zuerst zwischen die zwei erregenden Flüssigkeiten eine Scheidewand von Goldschlägerhaut brachte[2] und in der eben beschriebenen Säule beide Flüssigkeiten durch einen porösen Körper von einander trennte, andererseits aber Daniell[3] zuerst eine eigentliche Batterie von constanter Wirkung construirte, bestimmt so nannte, und daher auch als der Erfinder derselben, die nach ihm auch Daniell'sche Säule genannt wird, gilt, obgleich schon Wach[4] im Jahre 1830 verdünnte Schwefelsäure und Kupfervitriollösung durch Thierblase trennte und die beiden erregenden Metalle, das Zink mit der Schwe-

1 Dessen Ann. Bd. LI. S. 384.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XLI. p. 20.

3 Phil. Trans. 1836. P. I. p. 107. Poggendorff Ann. Bd. XLII. S. 272.

4 Schweigger's Journ. Bd. LVIII. S. 20 ff.

felsäure, das Kupfer mit der Vitriollösung, in Verbindung brachte. Säulen von constanter Wirkung werden gegenwärtig viel gebraucht und man hat ihre Construction mehrfach abgeändert; dem Wesen nach beruhen sie aber darauf, dass man zwei Flüssigkeiten statt einer einzigen anwendet und beide durch einen porösen, die Verbindung verhindernden, aber den elektrischen Strom nicht aufhebenden Körper trennt. Jedes Element der Daniell'schen Säule, deren er beliebig viele verbinden kann, besteht aus einem hohlen Cylinder von Kupferblech, in welchen eine Ochsengurgel herabgesenkt, durch den Boden gezogen und daselbst mit einem Korke festgesteckt, oben aber durch einen geeigneten Ring festgehalten ist. Die Ochsengurgel wird mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt und enthält eine in diese eingesenkte amalgamirte Zinkstange, der übrige Raum des Kupfercylinders wird mit gesättigter Kupfervitriollösung gefüllt und beide Metalle bilden dann, auf geeignete Art verbunden, eine einfache Kette. Da die Schwefelsäure Zink auflöst und aus der Kupfervitriollösung metallisches Kupfer niedergeschlagen wird, so kann die Säule nur dann constant bleiben, wenn man diese Veränderungen der Flüssigkeiten aufhebt. Letzteres geschieht dadurch, dass der die Ochsengurgel unten in einer Düse festhaltende Kork durchbohrt und mit einer heberförmig aufgebogenen Glasröhre versehen ist, aus deren oberem Ende die mit Zinkvitriol gesättigte Flüssigkeit abfliesst, während frische Säure auf geeignete Weise zuströmt, die Kupfersolution aber stets in gleicher Concentration durch Stücke von Kupfervitriol erhalten wird, die im oberen Theile des Cylinders in einem kupfernen Siebe liegen und sich allmälig auflösen. Dem Wesen nach ist es hierbei übrigens gleichgültig, ob man zum Diaphragma gerade eine Ochsengurgel oder irgend eine andere thierische Membrane wählt, und alle Säulen, bei denen die Flüssigkeiten durch solche Substanzen getrennt sind, gehören daher zur Classe der Daniell'schen, wobei aber zugleich wohl bedingend ist, dass das negative Metall von der Lösung eines aus ihm selbst gebildeten Satzes berührt wird. Uebrigens hat die Anwendung der Ochsengurgeln etwas widriges, Thierblasen und Därme sind besser, am besten aber die von Spencer angewandten hohlen Cylinder von dickem braunen Packpapier, die man um einen hölzernen Cylinder wickelt und das letzte Ende durch Siegellack mittelst eines heissen Eisens fest-

klebt. Als Boden dieser Cylinder dient ein hölzerner, mit Bindfaden festgebundener dünner Cylinder. SPENCER nimmt statt des Kupfers auch dünnes Blei, wie zum Einpacken des Thees oder Tabacks, biegt es in Falten, formirt daraus einen faltigen Cylinder und setzt diesen in ein gläsernes Gefäss mit Kupfervitriollösung. Im Innern desselben steht der poröse hohle Cylinder mit seiner Säure und der Zinkstange, und durch Schliessung der Kette entsteht allmälig ein Kupfercylinder durch Ueberziehung des Bleis mit diesem Metalle [1].

An die eben genannte schliesst sich zunächst die Grove'sche, welche unter allen bis jetzt hergestellten wohl die stärksten Wirkungen äussert, und deren Grösse daher leicht so weit gesteigert werden kann, dass sie die älteren Riesenapparate von SINGER, HARE und Anderen bedeutend an Kraft übertrifft. Sie hat ihren Namen von ihrem Erfinder GROVE [2] und wurde in Deutschland sehr bald dadurch allgemeiner in Anwendung gebracht, dass SCHÖNBEIN [3] über ihre überraschenden Wirkungen berichtete. Die erste Construction bestand aus einem auf dem Boden eines Glases festgekitteten thönernen Pfeifenkopfe, welcher mit reiner Salpetersäure, das Glas aber bis zu gleicher Höhe mit Salzsäure gefüllt wurde. Zwei Goldblättchen, in die letztere herabgelassen, blieben stundenlang unverändert, als aber ein Golddraht in die Salpetersäure herabgesenkt und mit dem einen Goldblatte in Berührung gebracht worden war, löste sich dieses sogleich auf und es zeigte sich ein starker elektrischer Strom. Als er darauf das eine der gleichen negativen Metalle mit Zink vertauschte, bemerkte er die Stärke des dadurch erzeugten Stromes und wurde somit zum Erfinder der nach ihm benannten Säule, deren Wesen ausser der Anwendung des Platins als negativen Erregers darin besteht, dass die beiden Säuren durch einen porösen mineralischen Körper getrennt sind, welcher den Uebergang der Lösungen beider Metalle zu einander hindert, den elektrischen Strom aber durchlässt. Ohne die verschiedenen theils ausgeführten, theils vorgeschlagenen Con-

1 Poggendorff Ann. Bd. LI. S. 374.

2 Compt. rend. T. VIII. p. 567. Poggendorff Ann. Bd. XLVIII. S. 300.

3 Poggendorff Ann. Bd. XLIX. S. 511.

structionen dieser Säulen zu erwähnen, z. B. von C. A. Grüel[1], beschränke ich mich auf die folgende, jetzt üblichste.

Die jetzt gangbaren Grove'schen Säulen werden meistens als zusammengesetzte Ketten von 5 Elementen verfertigt, welche sich in einem hölzernen, inwendig wasserdicht ausgepichten, auswärts mit Oelfarbe überzogenen Kasten ABCD befinden. Dieser Kasten ist durch vier Scheidewände α, β, γ, δ in fünf Fächer getheilt, in deren jedem eine umgebogene amalgamirte Zinkplatte von 1 Lin. dickem Metall steht, deren Rand an der einen Seite rechtwinkelig umgebogen über die Scheidewand hinausragt. Zwischen diesen beiden Schenkeln der Zinkplatte steht ein schwach gebranntes und demnach das Durchnässen der Flüssigkeit nicht hinderndes Gefäss von Thon oder Porzellanerde (statt deren Andere den Gefässen aus Gyps den Vorzug geben), in welches ein dünnes Platinblech p, p, p, p, p herabhängt. Letzteres ist am oberen Ende in eine messingne Leiste geklemmt und diese mit einem messingnen Haken versehn, dessen amalgamirte Spitze in das Quecksilber einer kleinen messingnen Vertiefung im umgebogenen Rande der folgenden Zinkplatte taucht. Fig. 45.

Soll die Säule gebraucht werden, so füllt man zuerst die Thongefässe mit reiner Salpetersäure (von etwa 1,3 spec. Gewicht, doch nehmen Andere auch eine Mischung aus 3 Th. Salpetersäure und 1 Th. Schwefelsäure), schichtet die Zinkbleche in die Zellen, setzt die Gefässe hinein, füllt die sämmtlichen Fächer des Kastens mit Schwefelsäure, die 90 Procent Wasser enthält, senkt die Platinbleche in die Gefässe, verbindet ihre Haken mit den nächsten Zinkblechen, und so ist die Säule hergestellt, die an ihren Enden Z und P ihre beiden Pole hat. Obgleich eine solche Säule schon ausserordentliche Wirkungen zeigt, wenn die Platinbleche etwa 8 Z. Länge und 4 Zoll Breite haben, wonach sich die übrigen Dimensionen schätzen lassen, so kann man sie doch willkürlich verstärken, indem man zwei oder mehrere solche Tröge neben einander setzt und ihre Pole P, P, P.... und Z, Z, Z.... durch 1,5 Lin. dicke Kupferdrähte metallisch mit einander zu einem gemeinschaftlichen vereinigt. Es ergiebt sich von selbst, dass man nöthigen Falls von einem solchen Troge nur 1 Element

1 Poggendorff Ann. Bd. LI. S. 381.

oder 2, 3.... in Anwendung bringen kann; auch würde es leicht seyn, eine Einrichtung zu treffen, nach welcher alle Zink- und alle Platinbleche eines oder mehrerer Tröge verbunden und eine einfache grossplattige Säule hergestellt würde. Statt der Schwefelsäure wenden Andere auch mit dem doppelten Volumen Wasser verdünnte Salzsäure an. Nach dem Gebrauche genügt es, die Platinbleche in reinem Wasser abzuspülen, und es liegt ein grosser Vorzug darin, dass diese weder beschmutzt noch überhaupt angegriffen werden, indem sie ihre anfängliche Blänke nicht verlieren, jedoch darf kein Quecksilber auf sie kommen, weil dieses sie durchlöchert. Die Thongefässe werden nach dem Ausgiessen der Säure etwa 3 Stunden lang in reinem Wasser ausgesüsst, welches während dieser Zeit etliche Mal erneuert werden kann, dann im Schatten getrocknet; eine zu anhaltend lange Einwirkung des Wassers erweicht sie übermässig. Die Zinkplatten erfordern die meiste Mühe, denn es genügt nicht, sie bloss abzuspülen, besonders wenn sie längere Zeit im Gebrauch waren, sondern sie müssen sowohl anfänglich, als auch meistens für jeden neuen Gebrauch wieder amalgamirt werden, und dabei darf die Amalgamirung sich nicht auf die obere Biegung und wo möglich nicht auf die untere erstrecken, um sie nicht brüchig zu machen. Ist die Amalgamirung ungenügend, so greift die Säure das Metall zu stark an, es entsteht übermässige Erhitzung und durch Entwickelung von Wasserstoffgas ein solches Aufbrausen, dass man die Säule sogleich aus einander nehmen muss, weil sonst zu viel zerstört werden würde. Die ausgegossenen Säuren lassen sich abermals und mehrere Male gebrauchen, doch ist die Wirkung mit frischer Säure stärker. Die Ursache der grossen Energie dieser Säule setzt SCHÖNBEIN vorzüglich darin, dass sich an das Platin kein Wasserstoffgas absetzt, wodurch dasselbe polarisirt und ein die Wirkung schwächender Gegenstrom erzeugt werden würde; vielmehr verbindet sich der Wasserstoff mit einem Theile des Sauerstoffs der Salpetersäure, wodurch indess salpetrige Säure entsteht, deren Einfluss auf die Respirationswerkzeuge den Gebrauch des Apparates leicht beschwerlich macht. Der Vorschlag von SMEE[1], statt der Platinbleche Silberbleche, mit Pla-

---

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. 103. T. XVI. p. 315.

tin galvanisch überzogen, anzuwenden, hat keine weitere Anwendung gefunden, weil der Ueberzug zu wenig fest anhängt. Brauchbarer dagegen sind die von OERSTED vorgeschlagenen, mit einem dünnen Ueberzuge von Platin bedeckten Porcellangefässe, welche dadurch erhalten werden, dass man auf die Porcellancylinder eine verdünnte Auflösung von Chlorplatin aufträgt und sie dann glühet. Solche Cylinder werden vorzugsweise zu Kopenhagen verfertigt.

Schon 1837 argumentirte ANDREW FYFE[1], dass Eisen in Folge der durch SCHÖNBEIN nachgewiesenen Passivität (die sich indess zunächst gegen Salpetersäure äussert) zur Erzeugung eines elektrischen Stromes untauglich sey, wegen seiner Verwandtschaft zum Kupfervitriol aber wohl zur elektrischen Kette geeignet seyn könne. Er construirte daher eine solche aus Kupfer und Eisenblech und erhielt mit Anwendung von verdünnter Schwefelsäure einen sehr schwachen Strom, mit Anwendung von Kupfervitriollösung aber einen so starken, dass er glaubte, das Eisen könne zum Ersatz des Zinkes dienen. Selbst Gusseisen gab bedeutende Wirkung, die jedoch in beiden Fällen nicht lange dauerte. Hiernach sollte also das Eisen als positiver Erreger statt des Zinks dienen, eine Anwendung, von welcher man später keinen weiteren Gebrauch gemacht hat. Im Anfange des Jahres 1839 entdeckte aber MARTYN J. ROBERT[2], wie es scheint zufällig, dass zwar Eisen mit Kupfer einen Strom giebt, worin das Eisen als positives Metall fungirt, dass aber Eisen mit Zink eine wirksamere Säule bildet, als Kupfer mit Zink. POGGENDORFF[3] machte bald darauf diese Zink-Eisen-Kette zu einem Gegenstande ausführlicher Untersuchungen und fand, dass dieselbe nicht bloss mit verdünnter Schwefelsäure, sondern auch mit verdünnter Salpetersäure, Aetzkalilauge, Kochsalzlösung u. s. w. sich den Zink-Kupfer-, Zink-Silber- und Zink-Platin-Ketten überlegen zeige, nach Daniell'scher Weise aber das Zink mit verdünnter Schwefelsäuse, das Eisen mit Eisenvitriolsolution verbunden nur einen sehr schwachen Strom gebe. POGGENDORFF leitet die grosse Wirksamkeit dieser Kette von dem ge-

1 Lond. and Edinb. Philos. Mag. N. 66. T. XI. p. 150.
2 Ebend. N. 101. T. XVI. p. 142.
3 Dessen Ann. Bd. L. S. 255.

ringeren Uebergangswiderstande ab, welchen das Eisen hat, sofern nach FECHNER dieser Widerstand bei allen Metallen schwächer ist, die von den berührenden Flüssigkeiten angegriffen werden. Die Richtigkeit dieser Ansicht zeigte sich dadurch, dass ein eingeschalteter Neusilberdraht den Strom dieser Säule stärker schwächte, als den einer gleichgrossen Zink-Kupfer-Kette, obgleich die absolute Stärke jener noch immer grösser blieb, als dieser, so weit sich die Messungen mit den gebrauchten Apparaten fortsetzen liessen. Durch fernere Versuche überzeugte sich POGGENDORFF[1] indess, dass diese Ursache keineswegs die einzige sey, denn die Bestimmung der elektromotorischen Kraft ergab, dass auch diese grösser sey, als bei der Zink-Kupfer-Kette.

Später wandte namentlich STURGEON[2] gusseiserne Cylinder an, an welche ein dicker Messingdraht angelöthet wird, um die massive amalgamirte Zinkstange zu tragen, die in den Cylinder herabhängt und zur Vermeidung der Berührung unten mit einem hölzernen Ringe versehn ist. Als Säure dient Schwefelsäure mit dem Achtfachen des Gewichtes Wasser verdünnt, welche allerdings viel Wasserstoffgas entwickelt und es daher nöthig macht, die zur Batterie vereinten Cylinder in einen Kasten zu setzen, diesen mit einem Deckel zu verschliessen und das Gas durch eine Röhre abzuleiten. Nach der Quantität des in gleichen Zeiten zerlegten Wassers soll diese Säule unter allen die wirksamste seyn.

Diese Eisensäulen bestanden insgesammt aus zwei Erregern und einer Flüssigkeit, man hat aber auch solche mit zwei Flüssigkeiten construirt. Dieses geschah wohl zuerst durch POGGENDORFF[3] bei seiner Prüfung des elektromotorischen Verhaltens des Eisens, indem er mit 12 Th. Wasser verdünnte Schwefelsäure und reine Salpetersäure von 1,19 spec. Gewicht anwandte, die durch ein poröses Gefäss getrennt gehalten wurden. Der merkwürdige Umstand, dass mit diesen Säuren die Kraft der Ketten aus Zink-Platin 9,9, aus Eisen-Platin 1,5 und aus Kupfer-Platin 10,3 betrug, erklärt sich daraus,

1 Dessen Ann. Bd. LIII. S. 436.

2 Annals of Electricity. T. V. p. 66. Poggendorff Ann. Bd. LI. S. 372. 380.

3 Dessen Ann. Bd. LIII. S. 442.

dass bei der letzteren Combination bloss Salpetersäure am Platin zersetzt wurde und nicht Wasser und Salpetersäure zugleich, verbunden mit reichlicher Gasentwickelung. Die Stärke des Stromes hängt also sehr vom Verhalten des elektronegativen Erregers ab, wie schon FECHNER[1] folgerte, hier aber factisch sich ergab. Man hat später in Gemässheit der Passivität des Eisens Ketten aus diesem einzigen Metalle mit zwei Flüssigkeiten construirt. Sie bestehn nach Art der Grove'schen aus einem eisernen hohlen Cylinder mit verdünnter Schwefelsäure, in welche ein Thoncylinder mit concentrirter Salpetersäure zur Aufnahme eines massiven Eisencylinders herabgesenkt ist. Der letztere Eisencylinder wird in der Salpetersäure passiv und bildet also den negativen Erreger, während der äussere mit verdünnter Schwefelsäure den positiven abgiebt. SCHÖNBEIN[2] kehrte diese Ordnung um und construirte eine Säule aus einem 10 Z. hohen, 3 Z. 9 L. im Durchmesser haltenden gusseisernen Cylinder, setzte in diesen einen Thoncylinder von 10 Z. Höhe, 3 Z. 4,5 Lin. Durchmesser, und in diesen einen gusseisernen Cylinder von 9 Z. 9 Lin. Höhe, 3 Z. 3 Lin. Durchmesser. In den äussern Cylinder goss er ein Gemenge von 3 Th. concentrirter Salpetersäure und 1 Th. gemeiner Schwefelsäure, in den inneren mit dem 12fachen ihres Volumens Wasser verdünnte Schwefelsäure. Der dadurch erzeugte Strom war so stark, dass ein in denselben gebrachter Elektromagnet vier Quintals trug. Eine Säule aus fünf Elementen, die aus äusseren Eisencylindern von gleichen Dimensionen bestand, deren innere Cylinder aber statt des Eisens aus amalgamirtem Zink bestanden, gab bei der Anwendung der genannten Flüssigkeiten 2400 Kubikzoll Knallgas in einer Stunde.

Den Verbesserungen der Volta'schen Säule durch DANIELL und GROVE lässt sich mit Recht die durch R. BUNSEN[3] gemachte anreihen, wenn ihr nicht selbst der Vorzug vor beiden gebührt. Man wusste seit VOLTA, dass die Kohle zu den

---

1 Massbestimmungen über die galvanische Kette. Leipz. 1832. S. 133. 256.

2 Notice sur une nouvelle pile Voltaique. Besonders abgedruckt aus Archives de l'Electricité. 1842.

3 Poggendorff Ann. Bd. LV. S. 265. CASSELMANN über die galvanische Kohlen-Zinkkette und einige mit derselben angestellte Beobachtungen. Marb. 1843.

kräftigsten negativen Erregern gehöre; einige Physiker machten hiervon allerdings, aber einen nicht eben bedeutenden Gebrauch, ohne dass eine bequeme Weise, sie zur Kette in jedem beliebigen Masse anzuwenden, aufgefunden wurde, ein Verdienst, welches Bunsen sich erwarb, so dass diese sehr wohlfeile Substanz jetzt das theure Platin zu ersetzen vermag. Die für diese Zwecke brauchbare Kohle erhält man aus völlig ausgeglüheten, fein gepulverten und durchgesiebten Coaks, denen man etwa die doppelte Menge fein gepulverte Steinkohlen zusetzt und in eisenblechernen Formen bei mässigem Kohlenfeuer ausglüht. Bei der Anwendung von minder fetten Steinkohlen wird die Masse zu wenig fest und man muss die Menge des Steinkohlenpulvers vermehren, jedoch nur bis zu einer gewissen Grenze, weil bei der Anwendung einer zu grossen Menge und zu fetter Steinkohlen die Masse sich zerklüftet. Grosse massive Massen von 5 bis 6 Z. Durchmesser erhalten beim Glühen leicht Sprünge, dagegen lassen sich leicht hohle von noch grösserem Durchmesser darstellen, wenn man eine cylindrische Schachtel in die Mitte der eisenblechernen Form stellt und den Zwischenraum zwischen der äusseren Wandung der ersteren und der innern der letzteren mit dem Kohlenpulver ausfüllt. Die so erhaltene Masse ist zu porös und locker, und wird daher noch in der Form mit concentrirter Zuckerlösung (wozu schlechter Abfall genügt) getränkt und getrocknet, bis der Zucker wieder fest geworden ist, und dann in einem mit Kohlenstücken angefüllten feuerfesten bedeckten Gefässe einer mehrstündigen Weissglühhitze ausgesetzt, was am besten in einem gewöhnlichen Töpferofen geschieht. Um Platten zu erhalten, verfertigt man Würfel oder Cylinder, schneidet von diesen mit einer Holzsäge die etwa eine Linie dicken Platten und schleift sie auf einer Sandsteinplatte eben. Aus diesen und amalgamirten Zinkplatten lassen sich mit verdünnter Schwefelsäure und saurem chromsaurem Kali Säulen aufbauen, die sehr wirksam und bequem sind, denn man ist des Scheuerns überhoben und lässt dagegen die Platten in der Flüssigkeit liegen, kocht sie aber zuweilen in derselben aus, um das in den Poren sich absetzende Chromoxyd zu entfernen. Zweckmässiger wendet man hohle Cylinder an, die man vor ihrem Eintauchen in Zuckersolution mit einer Blechreibe aus dem Rohen bearbeitet; nach dem letzten Glühen dreht man sie aber durch

Einschleifen in einen mit gezahntem Rande versehenen Cylinder inwendig und auswendig ab, um sie genau rund zu machen.

Die beste Art, Kohlenbatterieen von beliebiger Grösse aufzubauen, ist für zusammengesetzte Ketten folgende. Man nimmt ein cylindrisches Glas aa von etwas über 4 Z. Höhe und 3 Z. äusserem Durchmesser mit oben etwas verengtem Rande, senkt in dieses den hohlen, etwa 1,5 Lin. dicken Kohlencylinder bb, dessen oberer etwas dickerer Theil auf dem Rande des Glases ruht und mit einem rundgebogenen Streifen Zink eng schliessend umgeben ist. Bei dem ersten Elemente der Kette ist dieser Ring mit einem umgebogenen Lappen α des nämlichen Metalles versehn, woran ein dicker Messingdraht γ gelöthet ist, der also den Pol des negativen Erregers der Säule bildet. Der dickere Rand des Kohlencylinders ist mit Wachs getränkt, damit die Säure nicht an und in ihm aufsteigt. In dem Kohlencylinder steht der poröse Thoncylinder cc auf dem Boden des Glases, und in diesem der aus Zinkblech zusammengebogene hohle Cylinder dd, an welchem ein Lappen e stehn gelassen, über den Rand des Glases umgebogen und mit einem Ringe ff versehn ist, um den Kohlencylinder des folgenden Elementes zu umgeben. Es lassen sich auf diese Weise eine beliebige Menge Elemente in gerader Linie mit einander verbinden, indess kann man auch den Ring des letzten Elementes in horizontaler Ebene um 90 Grade umdrehn, neben das letzte Glas ein zweites setzen und auf diese Weise eine zweite, in entgegengesetzter Richtung fortgehende Reihe beginnen, mit dem letzten Elemente auf gleiche Weise verfahren und diesemnach so viele Reihen herstellen, als man verlangt, indem man sämmtliche Gläser neben einander auf ein geeignetes Bret stellt, um sie bequem zu transportiren. Bei dem letzten Elemente ist der Lappen e des Zinkcylinders nicht mit einem Ringe, sondern mit einem angelötheten Messingdrahte β versehen, welcher demnach den Zinkpol der Säule bildet. Um eine einfache grossplattige Säule herzustellen, dürfte man nur alle Kohlencylinder durch einen umgewundenen Draht mit einander verbinden und ebenso die sämmtlichen Zinkcylinder, so dass die Enden beider Drähte die Pole gäben. Beim Aufbauen der Säule füllt man die Gläser mit Salpetersäure so weit voll, dass diese Flüssigkeit nach dem Einsenken der

Fig. 46. u. 47.

Fig. 47.

Thoncylinder den oberen Rand der Thoncylinder nicht erreicht; dann füllt man gleichfalls die Thoncylinder so weit mit verdünnter Schwefelsäure, dass nach dem Einsenken der Zinkcylinder die Flüssigkeit bis zur Höhe von etwa 2 Lin. unter dem Rande ansteigt, steckt die Kohlencylinder in die Gläser, setzt die Thongefässe in diese, senkt in diese die Zinkcylinder und drückt deren Ringe auf dem Rande des je nächsten Kohlencylinders fest. Nach dem Gebrauche werden die Thoncylinder auf die oben bei der Grove'schen Säule angegebene Weise mit Wasser gereinigt, ebenso die Kohlencylinder, und im Schatten getrocknet. Ueber den Wiedergebrauch der Säure finden gleichfalls die nämlichen Regeln statt; für kurze Zwischenräume kann man nach dem Auseinandernehmen der Säule die Salpetersäure in den Gläsern lassen und diese mit Glasscheiben bedecken.

Schon vor der Bekanntwerdung der hier beschriebenen, ohne Widerrede vortrefflichen Säule veröffentlichte Schönbein[1] die Nachricht, dass Cooper mit Kohle statt Platin eine sehr kräftige Säule nach Grove's Art erhalten habe. Um dieses zu controliren, verfertigte er sich einen winzigen Apparat aus amalgamirtem Zink und einer Kohle, die sich in den zur Bereitung des Leuchtgas aus Steinkohlen verwandten eisernen Röhren angesetzt hatte. Die Kohle tauchte in concentrirte Salzsäure in einer porösen Thonzelle und letztere stand in einem Gefässe von Zink mit gesäuertem Wasser. Nach Cooper verhält sich die elektrolysirende Kraft der Kohlensäule zur Platinsäule unter sonst gleichen Bedingungen wie 32 zu 35. Vorzüglich hat man in Frankreich den Nutzen der Kohle als Ersatz des Platins in der elektrischen Kette anerkannt, es wurden viele darauf bezügliche Berichte dem Institute mitgetheilt, doch wurde sehr bald und dann fortdauernd Bunsen als der Erfinder genannt. Professor Landberg aus Christiania erzählte mir auf seiner Durchreise von Paris, dass er daselbst einen unglaublich starken Lichtbogen zwischen Kohlenspitzen gesehn habe, welcher durch eine Kohlenbatterie von 200 Elementen erzeugt wurde und sich im Momente entzündete, als ein Batteriefunke zwischen den Spitzen überschlug.

Beide zuletzt beschriebene Säulen haben die Unannehm-

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XLIX. S. 589.

lichkeit, dass sich salpetrige Säure entwickelt, die bei Apparaten von grösseren Dimensionen oder beim anhaltenden Gebrauche kleinerer der Respiration beschwerlich und der Gesundheit nachtheilig werden kann. Man hat daher statt der Salpetersäure Chromsäure oder ein Gemisch von saurem chromsaurem Kali und Schwefelsäure vorgeschlagen. Die Anwendung der Chromsäure geschah zuerst durch BUNSEN[1], welcher sie jedoch für die Kohlensäule nicht geeignet fand; nachher wurde sie aber für Platinsäulen von LEESON und später von WARRINGTON[2] als sehr geeignet empfohlen. Dieses bewog POGGENDORFF[3], eine Flüssigkeit aus drei Gewichttheilen saures chromsaures Kali, vier Gewichttheilen Schwefelsäure und achtzehn Gewichttheilen Wasser in einem porösen Gefässe für den negativen Erreger, aus Platin, Kohle oder Kupfer bestehend, und Wasser mit 10 Procent Schwefelsäure für Zink als positiven Erreger einer genauen Prüfung zu unterwerfen. Aus den Versuchen ergiebt sich, dass die Chromsäure für Kohlenbatterieen ungeeignet ist, weil die Wirkung nicht constant bleibt, sondern sogleich schwächer zu werden beginnt; bei Platinsäulen giebt sie eine ungleich schwächere Wirkung, als Salpetersäure, und wenn man daher die letztere nicht concentrirter, als vom specifischen Gewichte 1,3 anwendet, ausserdem das Ein- und Ausgiessen derselben, wobei das Rauchen am stärksten ist, in einem Nebenzimmer vornimmt, so lässt sich der Geruch ertragen und die starke Wirkung fehlt nicht.

Die neueste Säule, welche zwar niemals, wie die zuletzt beschriebenen, zum praktischen Gebrauche, insbesondere zur Erzeugung starker elektrischer Ströme benutzt werden wird, aber wegen ihrer Eigenthümlichkeit Aufsehn erregt hat, ist die Grove'sche Gassäule, worin Sauerstoffgas und Wasserstoffgas mit Platin die erregenden Elemente bilden. Abgesehn von den bekannten Wirkungen des Döbereiner'schen Platinsalmiaks befindet sich unter den zahlreichen Versuchen FARADAY'S in der sechsten Reihe seiner Experimentaluntersuchungen einer, welcher das Princip dieser Säule enthält, indess ist GROVE entschieden der Erfinder derselben. Dieser ver-

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LIV. S. 420.
2 Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. XX. p. 262. 393.
3 Dessen Ann. Bd. LVII. S. 101.

öffentlichte die erste Notiz darüber[1] und beschrieb sie nachher ausführlicher nebst einer Reihe damit angestellter Versuche[2], woraus hervorgeht, dass sie physiologische Wirkungen äussert, die Magnetnadel abweichen macht, das Blattgold des Elektrometers abstösst, zwischen Kohlen einen Funken giebt und Iodkalium, Salzsäure und gesäuertes Wasser zerlegt, mithin in allen Wirkungen sich den elektrischen Ketten anschliesst. Wurden statt der beiden, die Säule bildenden Gase andere substituirt, so fehlte die Erregung der Elektricität, ausser bei Wasserstoffgas und Stickgas, welche einen schwachen Strom erzeugten, den GROVE von einer Verbindung des Wasserstoffgas mit dem Sauerstoffgas des Wassers ableitet. Die Säule dient vorzüglich dazu, das wichtige von FARADAY aufgestellte Gesetz direct zu beweisen, wonach eine gleiche Quantität der beiden wasserbildenden Gase bei der Bildung des elektrischen Stromes verbunden wird, als dieser aus dem zerlegten Wasser wieder darstellt. Unter den verschiedenen Formen, welche man der Säule geben kann, möge folgende, von GROVE selbst angegebene, hier beschrieben werden. Eine Woulfische Flasche aa mit drei Oeffnungen hat in der Mitte einen eingeschmirgelten Glasstöpsel b und an jeder Seite mittelst eingeschmirgelter Ansätze eingesteckte Glasröhren o und h, deren letztere den doppelten Inhalt der ersteren hat, deren Durchmesser sich also wie $1:\sqrt{2}$ verhalten. In ihnen herab gehn Platindrähte, die mit Platinschwamm nach der von SMEE[3] angegebenen Methode überzogen sind. Sie gehn aber eingeschmolzen durch die Enden der Röhren und tragen oben kleine Kapseln zur Aufnahme von Quecksilber, in welches die beiden Enden des Multiplicators eingesenkt werden, um den elektrischen Strom zu messen, welcher sich bildet, während das Sperrwasser steigt, indem die Gase sich zu Wasser verbinden; denn vor dem Gebrauche wird die weitere Röhre mit Wasser-

Fig. 48.

---

1 Lond. and Edinb. Philos. Mag. T. XIV. p. 129. T. XXI. p. 417. Archives de l'Electricité. T. II. p. 638. Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 202.

2 Philos. Trans. 1843. P. II. p. 91. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. 153. T. XXI. p. 375. N. 159. T. XXIV. p. 268. 422. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. VIII. p. 246.

3 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. 103. T. XVI. p. 315. Wie dieses Platiniren bewerkstelligt werde, s. **Platiniren.**

stoffgas, die engere mit Sauerstoffgas gefüllt, und man sieht, dass bei der Anwendung von Röhren von den angegebenen Durchmessern gleiche Höhen beider Gase verschwinden. Solche zwei Röhren bilden ein Element der Säule, deren man übrigens mehrere, bis zu 20 und darüber, auf beide bekannte Arten zur einfachen oder zusammengesetzten Kette verbinden kann. Zur grösseren Leitungsfähigkeit füllt man das untere Gefäss mit gesäuertem Wasser, man kann sie aber auch mit andern Salzsolutionen füllen und die Versuche vielfach modificiren.

Auf dem Continente hat zuerst SCHÖNBEIN die Aufmerksamkeit auf diese interessante Säule gerichtet [1], inzwischen beziehn sich seine Untersuchungen nicht auf eine Veränderung oder Verbesserung ihrer Construction, sondern nur auf die Erklärung ihrer Wirkungsweise, und dieses Problem ist wohl wichtig genug, um dasselbe auch hier mit wenigen Worten zu erörtern. GROVE selbst erklärte bei seiner Bekanntmachung, dass sie zu manchen Betrachtungen führe. Die Erscheinungen lassen sich, wie er meint, nicht aus einem Contacte ableiten, welcher zwar für jede chemische Action nothwendig sey, allein im Contacte liege nicht unmittelbar die Aeusserung einer Kraft, vielmehr lasse sich die Wirkung dieser Säule aus einer Katalyse ableiten, und sie stehe daher zur letzteren in dem nämlichen Verhältnisse, als gewöhnliche Säulen zum Chemismus. Hieraus ersieht man, dass er die Erzeugung der Elektricität bei gewöhnlichen hydroelektrischen Ketten aus chemischen Einwirkungen ableitet und daher bei dieser neuen eine katalytische Kraft annimmt, weil eine chemische nicht vorhanden ist, sofern das Platin durch keins der beiden Gase angegriffen wird. POGGENDORFF bemerkt in einem Zusatze zu der Abhandlung, dass die Wirkung dieser Säule aus Chemismus gar nicht abzuleiten sey, weil das Platin von keinem der vorhandenen Körper angegriffen werde, eine Zerlegung des Wassers durch Aufnahme des Wasserstoffgases durch das Sauerstoffgas der einen Röhre und Aufnahme des Sauerstoffgases durch das Wasserstoffgas in der andern aber nicht stattfinden könne. Dieses ist wohl unwi-

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. 1843. March p. 105. Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 361., wovon ein besonderer französischer Abdruck: Sur la Pile à Oxi-Hydrogène, par C. F. SCHÖNBEIN, veröffentlicht worden ist. Vergl. Bericht über die Verhandl. der naturf. Ges. in Basel. N. VI. S. 12.

dersprechlich richtig, denn es wäre sonst nicht abzusehen, warum diese chemische Verbindung nicht ohne die Anwesenheit der Platindrähte stattfinden sollte, die nach dieser Ansicht als blosse Leiter der durch den Chemismus erzeugten Elektricität zu betrachten wären. Nach der Contacttheorie, meint POGGENDORFF, schliesse sich diese Säule genau an die Becquerel'sche, überhaupt an die aus einem Metalle und zwei dieses nicht angreifenden Flüssigkeiten bestehenden Ketten an. Die Schwierigkeiten fallen also weg, sobald man den bewiesenen Satz annimmt, dass die Metalle durch die chemisch auf sie nicht einwirkenden Körper, und gerade durch diese vorzugsweise, eine Veränderung ihrer Oberfläche erleiden und daher in Berührung mit verschiedenen Körpern ungleich verändert einen elektrischen Gegensatz bilden müssen, in Gemässheit dessen ihr Contact einen elektrischen Strom erzeugt. Will man diese Veränderung der Oberfläche von einer katalytischen Kraft ableiten, die man bisher als verschieden von der chemischen betrachtet hat, so lässt sich hieraus kein Argument gegen die Contacttheorie hernehmen, denn immer ist die Berührung heterogener Körper hierbei die wirkende Ursache, wenn man nach richtiger Ansicht annimmt, dass nicht der Contact an sich das hierbei thätige Agens ist, sondern die Elektricität, welche beim Contacte zum Vorschein kommt. SCHÖNBEIN bezieht sich auf seine schon 1838 gemachte Erfahrung, wonach das in einer U-förmig gebogenen Röhre befindliche Wasser, durch welches ein elektrischer Strom gegangen ist, nur mit eingesenkten Platindrähten einen Strom giebt, und dass dieser sich gleichfalls mittelst eingesenkter Platindrähte nur dann bei zwei mit einander verbundenen Wassersäulen zeigt, wenn die eine derselben mit Wasserstoffgas imprägnirt ist. Gegen GROVE's Ansicht, wonach der Strom durch die chemische Verbindung der beiden Gase entstehn soll, macht er das Argument geltend, dass nach seinen Versuchen[1] mit Sauerstoff imprägnirtes Wasser keinen elektrischen Strom erzeugt, selbst den durch Wasserstoff-Wasser hervorgerufenen nicht verstärkt, und dass diese Ströme, wären sie wirklich vorhanden, in den combinirten Elementen der Gassäule eine entgegengesetzte Richtung erhalten und sich aufheben würden. Diesemnach

1 Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 135 ff.

findet SCHÖNBEIN die Ursache des Stromes, sowohl seiner Wasserstoff-Wasser-Kette, als auch der Grove'schen Gassäule, die nach dem als erwiesen geltenden Axiom nothwendig eine chemische seyn muss, in dem Wasserstoffsuboxyd, welches sich durch die katalytische Kraft des Platins bilden soll. Man muss also, um die nach der Contacttheorie aus wohlbegründeten Principien leicht erklärliche Gassäule mit der chemischen Theorie in Einklang zu bringen, zu einem Stoffe seine Zuflucht nehmen, dessen Daseyn nichts weniger als erwiesen ist.

Die hier beschriebenen Volta'schen oder hydroelektrischen Säulen sind die wichtigsten. Welcher Theorie man aber auch huldigen möge, so folgt, dass durch die mannigfaltigsten Combinationen der Körper Elektricität frei werden, und dass durch die Veränderungen derselben so vielfache Modificationen der erzeugten Elektricität hervortreten müssen, dass es unmöglich ist, diese alle hier aufzuführen. Ueberhaupt ist die Masse der Thatsachen, die zur Elektricitätslehre gehören, so gross, die Erscheinungen sind an sich so verwickelt (und durch den Streit unter den Anhängern der beiden Hypothesen noch verwickelter geworden), dass es wohl keinen Physiker geben dürfte, welcher sie sämmtlich in klarer Vorstellung zu vereinigen vermöchte. Es mögen daher hier nur noch einige wenige Notizen Raum finden.

KEMP [1] und mehrere Physiker nach ihm construirten Säulen, bei denen der positive Erreger aus einem Amalgam bestand, die Flüssigkeit aber aus einer Salzlösung des negativen Erregers. Das Amalgam befindet sich hierbei in einem porösen Gefässe, und dieses steht in einem Gefässe mit der Flüssigkeit, in welcher sich zugleich ein gebogenes Blech des negativen Metalls befindet. Auf diese verband er folgende Körper:

Zinkamalgam	Kupfervitriollösung	Kupfer
— —	Chlorplatinlösung	Platin
Kaliumamalgam	Zinkvitriollösung	Zink
— —	Kupfervitriollösung	Kupfer
— —	Chlorplatinlösung	Platin

Um Säulen von langer, wenn gleich geringer, Wirksamkeit zu

1 Wheatstone in Phil. Trans. 1843. P. II. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. X. p. 257.

erhalten, nahm PETER BAGRATION[1] einen wasserdichten Topf, füllte diesen mit Erde, benetzte sie mit concentrirter Salmiaksolution oder Chlorammoniak bis zur Sättigung, senkte eine Kupferplatte und eine Zinkplatte hinein und sorgte dafür, dass das verdunstende Wasser und die allmälig zerstörte Zinkplatte ersetzt wurden. Auf diese Weise erhielt er eine Säule, die Monate lang wirksam blieb und vielleicht ganze Jahre hindurch elektrische Ströme erzeugen würde.

Säulen, nur aus einem Metalle und einer Flüssigkeit bestehend, scheinen der Natur der Sache nach unmöglich zu seyn; sie existiren aber dennoch, wie namentlich aus der Wirksamkeit der Eisen-Eisensäule, der Gassäule u. s. w. hervorgeht, sobald das eine der gleichen Metallstücke auf irgend eine Weise verändert ist und demnach in der elektrischen Reihe der Körper eine andere Stelle einnimmt, mithin als ein verschiedenes Metall gelten kann. Dass hierher auch die oben (Art. **Ozon**) erwähnten Ströme gehören, welche entstehn, wenn man einen in Ozon getauchten Platindraht mittelst eines Galvanometers mit einem unpräparirten Platindrahte verbindet und beide in gesäuertes Wasser taucht, versteht sich von selbst. Einen wichtigen Beitrag hierzu hat H. SCHRÖDER[2] durch seine Untersuchungen der elektrischen Ströme geliefert, welche Platindrähte durch ungleichzeitiges Eintauchen in reines Wasser erzeugen. Das gebrauchte Galvanometer hatte 4500 Windungen, und die Anziehung, welche der Kupferdraht auf die Nadel ausübte, wurde durch kleine Eisenstäbchen compensirt. Von den beiden Stücken des nämlichen $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ Lin. dicken Platindrahtes war das eine mit dem beweglichen Quecksilbergefässe des Galvanometers durch dünnen, biegsamen Kupferdraht verbunden, und tauchte etwa 1 Zoll tief in ein Glasgefäss mit destillirtem Wasser; das andere, welches nach vorausgehendem Abreiben mit trocknem Schmirgelpapier in etwa 0,5 Z. Abstand von dem ersten eingetaucht wurde, war durch Kork gesteckt, um es zur Vermeidung eines thermischen Einflusses an diesem anzufassen. Die Empfindlichkeit des Apparates war so gross, und vollkommene Gleichheit der Drähte aus dem nämlichen Metalle ist so schwer zu erreichen, dass selbst gleichzeitiges Eintauchen zweier Enden des

1 L'Institut. XIIme Ann. N. 530. p. 65.
2 Poggendorff Ann. Bd. LIV. S. 57.

nämlichen Drahtes, nachdem sie vorher durch Schmirgelpapier gereinigt worden waren, einen Strom erzeugte, und bloss bei Platin, Gold, Silber und Kupfer blieb die Multiplicatornadel ruhend, oder zeigte nur im ersten Momente eine Abweichung von 0,25 bis 0,5 Grad. Im Wesentlichen ergiebt sich aus den zahlreichen Versuchen, dass durch den Einfluss des Wassers auf den zuerst eingetauchten Draht dieser elektrisch negativer wird, welches nicht füglich von einer anderen Ursache, als einem beim früheren Eintauchen entstehenden und den Draht umgebenden Ueberzuge abzuleiten ist. Bei den edlen Metallen und bei Zinn ist die Wirkung des Wassers mit der Bildung dieses Ueberzugs vollendet, Eisen, Zinn, Blei u. s. w. sind im ersten Moment des Eintauchens negativer, als nachher, der Ueberzug verschwindet wieder und bildet sich aufs neue nach Massgabe der fortschreitenden Einwirkung. Nimmt man statt des destillirten Wassers andere Flüssigkeiten, so sind die Wirkungen des ungleichzeitigen Eintauchens zwar analog, werden aber durch die chemischen Einflüsse so stark und so vielfach modificirt, dass jede dieser Flüssigkeiten eine specielle Reihe eigener Versuche erfordert. Hieran schliessen sich die erwähnenswerthen Versuche Schönbein's[1] über das elektromotorische Verhalten einiger Metallhyperoxyde, namentlich des Silber- und des Blei-Hyperoxyds, des Platins und des passiven Eisens.

In Beziehung auf das Verhalten der hydroelektrischen Säule im Allgemeinen muss ich hier noch eine Untersuchung von Fechner[2] anführen, welche sich zugleich bestimmt auf eine Stelle im Wörterbuche (Bd. IV. S. 832) bezieht. Daselbst ist gesagt, dass die Intensität der ungeschlossenen Säule in der Mitte einen Indifferenzpunct habe, von da an nach beiden Seiten gleichmässig wachse und an beiden Polen gleich sey. Inzwischen bemerkt Fechner, dass dieses nur dann der Fall seyn könne, wenn die elektrischen Capacitäten (die man im Allgemeinen wohl den Oberflächen der Körper proportional setzen kann) beider Pole einander gleich und die Platten der Säule selbst unter sich gleich sind, weil namentlich in dem Masse, als die Capacität des einen Pols gegen die des andern vergrössert wird, auch seine Intensität abnimmt. Auf welche Weise

1 Poggendorff Ann. Bd. XLIII. S. 89.
2 Ebend. Bd. XLIV. S. 44.

sich die ungleichen Capacitäten beider Pole bestimmen lassen, darüber verweise ich auf die Abhandlung selbst.

Ueber das Verhältniss der verschiedenen Wirkungen der hydroelektrischen Säulen hat neuerdings POGGENDORFF viele belehrende Aufschlüsse mitgetheilt, die als sicher betrachtet werden können, da sie stets auf das höchst fruchtbare Ohm'sche Gesetz zurückgeführt werden. Dahin gehört die Beantwortung der Frage, ob die Intensität des elektrischen Stromes bei der Vermehrung der Elemente einer Säule bis zu einem Maximum wächst, dann einen Stillstand erleidet, oder gar wieder abnimmt, wie WALKER[1] mit einer Daniell'schen Kette von 160 Elementen und DE LA RIVE[2] gefunden haben wollten. POGGENDORFF[3] zeigt dagegen, dass sich dieses wegen der Ungleichheit des Uebergangswiderstandes bei den einzelnen Elementen und dem Verhältnisse dieses zu dem Leitungswiderstande nicht allgemein bestimmen lasse. Fragt es sich ferner, ob die wasserzersetzende Kraft einer Säule aus einer gegebenen Menge von Elementen, oder derselben Säule, wenn deren Elemente zu kleineren Säulen combinirt sind, grösser sey, so giebt das erwähnte Gesetz hierüber gleichfalls befriedigende Auskunft. Es ist nämlich, wenn i die Intensität einer Säule aus m Elementen, i′ dagegen einer aus $\frac{m}{p}$ Elementen von p-facher Grösse combinirt, e die Menge der entwickelten Elektricität, w den Uebergangswiderstand, z den Leitungswiderstand bezeichnet, alle übrige Bedingungen gleich gesetzt

$$i = \frac{me}{mw + z}; \quad i' = \frac{mep}{mw + p^2 z}.$$

Die letztere Gleichung giebt ein Maximum für $p = \sqrt{m.\frac{w}{z}}$, wodurch $i' = \frac{1}{2} e \sqrt{\frac{m}{wz}}$ wird. Man würde also z. B. bei 100 Elementen, wenn $w = z$ wäre, also bei der Zerlegung von gesäuertem Wasser, die grösste Menge Gas in gleichen Zeiten erhalten, wenn man sie zu 10 Säulen, jede von 10 Elementen

1 Annals of Electricity. T. III. p. 421.
2 Bibl. univ. 3me Sér. T. XVIII. p. 371.
3 Dessen Ann. Bd. XLVII. S. 125.

combinirte. Die Untersuchungen, welche POGGENDORFF[1] über die Messungen der Stromstärken angestellt hat, verdienen die Beachtung aller Physiker um so mehr, als sie auch über manche anderweitige Puncte, das Verhalten der Säulen betreffend, Auskunft geben, und es wäre wohl geeignet, den Hauptinhalt hier aufzunehmen, müsste ich nicht fürchten, diese Nachträge zu weit auszudehnen.

Dass man auch mittelst der hydroelektrischen Säule, ebenso wie mit der trocknen, bei hinlänglicher Spannung einen Funken vor dem vollkommenen Schliessen der Kette erhalten könne, ist so eben durch JOHN P. GASSIOT erwiesen. In früheren Versuchen[2] war es ihm unmöglich, eine bis 0,0002 Zoll reichende Spannung der Pole einer aus 320 Elementen bestehenden Daniell'schen Kette wahrzunehmen, und ebenso wenig gelang dieses bei einer ähnlichen mit Wasser construirten Säule von 1024 Elementen. Bald nachher berichtete ihm CROSSE[3], einen Funken zwischen zwei auf Siegellackstangen isolirten Stanniolblättchen erhalten zu haben, welche die Pole einer aus 1626 Zellen bestehenden Wassersäule bildeten. GASSIOT[4] baute daher eine neue Säule aus 3520 Paaren Kupfer- und Zink-Cylinder, deren jedes in einem zur besseren Isolirung mit Firniss überzogenen, mit Brunnenwasser gefüllten Glasbecher stand, sorgte für möglichste Isolirung der ganzen Säule, und erhielt auf diese Weise einen Apparat, welcher eine bedeutende elektrische Spannung zeigte und Funken gab. Auch mit einer Grove'schen Gassäule erhielt GASSIOT statische Spannung der Elektricität, im Minimum mit neun Elementen.

Ueber trockne Säulen hat MUNCK AF ROSENSCHÖLD[5] Untersuchungen bekannt gemacht, die sich jedoch nur auf einige Versuche JÄGER'S mit Zink-Kupferplatten und zwischenliegendem Firniss oder Papier und das veränderliche Leitungsvermögen der letzteren Körper beziehen, ohne das, was seitdem in Beziehung auf diese Apparate geschehn und im Werke

---

1 Dessen Ann. Bd. LIV. S. 160. Bd. LV. S. 153 u. 43.

2 Phil. Trans. 1840. p. 184.

3 Lond. and Edinb. Phil. Mag. 1840. Sept.

4 Philos. Trans. 1844. P. I. p. 21. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. 166. T. XXV. p. 285.

5 Poggendorff Ann. Bd. XLIII. S. 193. 445.

sehr vollständig zusammengesellt ist, zu berücksichtigen, weswegen sie nicht als wichtige Nachträge erscheinen können. Nicht unwichtig für die Lehre vom Galvanismus im Allgemeinen sind die Versuche von Kämtz[1], wonach trockne Säulen auch aus organischen Körpern, ohne alle Mitwirkung metallischer, construirt werden können. Ausserdem verfertigte Munck af Rosenschöld eigenthümlich construirte trockne Säulen, um deren Ladungserscheinungen zu prüfen. Sie bestanden aus über einander geschliffenen Zink- und Kupferplatten von ungefähr 5 Z. Durchmesser, zwischen welche eine etwas kleinere Platte aus dünnem sehr ebenem Druckpapier gelegt wurde, die vorher mit mässig starker Chlorzinklösung getränkt, dann nach Verdunstung des Wassers auf die eine der Platten gelegt und durch Erhitzung völlig getrocknet worden war. Zur Erzeugung einer innigeren Berührung dienten hölzerne Klammern, welche die beiden Metallplatten mit der zwischenliegenden Papierplatte stark zusammenpressten. Soll das Papier gegen aufzunehmende Feuchtigkeit geschützt werden, so darf man nur zwischen die äusseren Ränder der Metallplatten etwas geschmolzenes Harz bringen. Solche Ketten haben die Eigenthümlichkeit, dass nach der Entladung der elektrische Strom fast gänzlich verschwindet und sich nur langsam wieder herstellt, indem die Zeit dieser Herstellung fortwährend wächst, so dass die Säulen zuletzt nur eine momentane elektrische Erscheinung zeigen und dann gänzlich wirkungslos zu seyn scheinen. Es wirft dieses ein Licht auf das Wogen der Kraft bei gewöhnlichen Säulen. Was der nämliche Gelehrte über die Ladungssäulen aufstellt, ist allerdings der Beachtung werth, scheint mir aber aus dem, was über das Verhalten der Leiter der Elektricität bekannt ist, in so weit von selbst zu folgen, dass eine ausführliche Mittheilung hier nicht eben nöthig seyn dürfte.

Die Kenntniss und die richtige Ansicht dieser letzteren Säulen, der durch Ritter so genannten Ladungssäulen, ist beträchtlich erweitert und genauer festgestellt durch die neuesten Untersuchungen Poggendorff's[2], auf welche bereits oben (Art. **Polarisation**, elektrische) hingedeutet ist. Vom Anfange an leitete man die Wirkungen der Ladungssäulen von

1 Schweigger's Journ. Bd. LVI. S. 1.
2 Dessen Ann. Bd. LX. S. 568. Bd. LXI. S. 593.

einer Polarisation ab, sofern homogene Metalle, z. B. zwei Platinplatten, welche als Elektroden in eine Flüssigkeit getaucht durch den elektrischen Strom polarisirt werden, dadurch einen Gegenstrom erzeugen und den Hauptstrom bedeutend schwächen. Der Gegenstrom ist zwar von kurzer Dauer, allein von bedeutender Stärke. Mehrere solche Platten, auf gleiche Weise polarisirt, geben dann die Ritter'sche Ladungssäule, zu deren Erregung man bisher vielelementige Ketten verwandte und ihren Strom dennoch nie bis zur Stärke des ursprünglichen erhöhte. POGGENDORFF, welcher auch die neue Grove'sche Gassäule für eine Ladungssäule hält, änderte die bisherige Construction derselben ab. Sind mehrere Platinplatten zu je zwei, deren eine H, die andere O heissen möge, in Zellen mit gesäuertem Wasser geordnet, so pflegte man bisher jedes H der einen Zelle mit dem O der nächsten zu verbinden und den Strom einer kräftigen Säule durch die ganze Reihe zu leiten; statt dessen verband er alle H mit dem Zink und alle O mit dem Platin einer Grove'schen Säule, wodurch sie sämmtlich polarisirt werden, indem sich alle H mit Wasserstoff und alle O mit Sauerstoff überziehn, und zwar ebenso stark, als wenn nur ein einziges Paar polarisirt wäre. Werden diese Platten dann zur Säule verbunden, so erzeugen sie bei plötzlicher Trennung von der primären Säule einen elektrischen Strom, welcher zwar von kurzer Dauer, aber von desto grösserer Energie ist, je mehr Platten wirksam und je stärker sie polarisirt sind, weswegen die Stromstärke der Zahl der Platten nicht direct proportional seyn kann. Dieses folgt auch daraus, dass die secundäre Säule für jedes Aequivalent Wasser, welches in der primären zersetzt wird, die Bestandtheile des in ihr zersetzten Wassers aufnimmt, weswegen jede der n Zellen nur $\frac{1}{n}$ Aequivalent erhalten kann und die den secundären Strom erzeugende Wiedervereinigung dieser Aequivalente bei gleichem Widerstande in $\frac{1}{n}$ der zur Erzeugung erforderlichen Zeit geschehn muss. Um daher die Trennung der secundären Säule von der primären und die Leitung des Stromes der ersten durch geeignete Elektroden in schneller Folge zu bewerkstelligen, verfertigte POGGENDORFF aus Kupferdraht eine Wippe nach Art der gewöhnlichen Commutatoren, womit

durch den Druck des Fingers diese Operation 200 bis 300 Mal in einer Minute bewerkstelligt werden konnte[1]. Bei einem angestellten Versuche mit einer kleinen primären Säule nach Grove'scher Construction lieferten 4 Plattenpaare platinirten Platins von 2,5 Quadratzoll Fläche einer jeden in 1 Minute bei 80 Wechseln des Commutators 5 bis 6 Kubikcentimeter Knallgas, und bei der Anwendung von nur 2 Zellen der Ladungssäule 1,5 Kubikcentimeter. Aus dem Faraday'schen Gesetze lassen sich übrigens verschiedene Folgerungen in Beziehung auf die chemischen Wirkungen der secundären Säule ableiten. Eine etwas stärkere primäre Säule entwickelt eine Menge Gas in der secundären beim Stillstande der Wippe, bei der Bewegung derselben hört diese dagegen auf, weil die Zersetzungen sofort in Wiedervereinigungen übergehn. Die Polarisation der Platinplatten hat übrigens nach den Versuchen von Lenz, Wheatstone und Daniell eine Grenze, die, wie Poggendorff meint, schon durch zwei Elemente einer Grove'schen Säule erreicht wird, und mit einer solchen liesse sich also eine secundäre Säule durch Vermehrung der Plattenpaare und längere Einwirkung der primären so weit laden, dass sie beträchtliche Erschütterungen und Funken zu geben vermöchte, was auch durch die Erfahrung bestätigt worden ist, da Poggendorff mit einer einfachen Grove'schen primären und einer secundären aus vier, drei, zwei Paaren und selbst einem Paare platinirter Platinplatten Funken erhielt. Die Dauer des secundären Stromes ist kurz; lässt man aber die primäre eine Minute lang wirken, so dauert die Wasserzersetzung der secundären anderthalb Minuten. Schliesslich möge noch bemerkt werden, dass man durch geeignete Einrichtung des Commutators den Strom der primären mit dem der secundären vereinigen und dadurch eine bedeutende Verstärkung erhalten kann.

---

1 Diese Wippe ist genau von ihm beschrieben worden in dessen Annalen. Bd. LXI. S. 586.

nach Theorie. 495. angewandt auf das Stethoskop. 497. und Mikrophon. 498. Intensität und Dauer des Schalles. IX. 1298. Wahrnehmung des Schalls. VIII. 500. Umfang der wahrnehmbaren Töne. 502. Theorie der Undulationen. IX. 1269. Geschwindigkeit in der Luft. 1283. in festen und flüssigen Körpern. 1286.

Zus. Ueber die Schalllehre in ihren verschiedenen Zweigen sind nicht unwichtige neue Untersuchungen hinzugekommen; da aber das Ganze nicht wesentlich dadurch umgestaltet worden ist, so werden der nöthigen Kürze wegen Andeutungen der hauptsächlichsten genügen. PAGE und DELEZENNE [1] gewahrten Töne, welche durch elektrische Ströme zwischen den Schenkeln eines Magnetes erzeugt wurden, überzeugten sich aber bald, dass diese Ursache nur eine scheinbare sey. Dass Stahlstäbe, nach Art der Stimmgabeln gebogen, stark tönen, davon kann man sich schon durch Versuche mit den Lamellen, woraus die Magnete bestehn, überzeugen. In neuester Zeit hat man gekrümmte Stahldrähte statt der Glocken auf Thürmen in Anwendung gebracht, weil sie weit wohlfeiler sind und wegen geringeren Gewichts die Gebäude weniger beschweren. In den Schlaguhren gebrauchte man schon seit längerer Zeit solche helltönende Stahldrähte. Am fleissigsten hat SAVART bis an seinen Tod die von ihm stets mit grossem Eifer bearbeitete Schalllehre zu erweitern gesucht. Unter seine neuesten Forschungen gehören die über die eigentliche Beschaffenheit der Sandanhäufungen auf schwingenden Flächen [2] und über die sogenannten Stösse [3]. Nicht minder thätig auf diesem Gebiete war CAIGNARD-LATOUR. Von ihm verdienen vorzugsweise erwähnt zu werden die Untersuchungen über longitudinale Schwingungen einer Wassersäule [4] und über das Organ der Menschenstimme. Durch Versuche mit Röhren, in denen die Stimmbänder und das Organ der Epiglottis künstlich nachgebildet war, ergab sich, dass der Ton, welcher durch die künstliche Stimmritze hervorgebracht worden war und durch einen Luftstrom zur zweiten Stimmritze gelangte, modificirt und der menschlichen

1 Bibl. univ. de Genève. T. XVI. p. 398. 406. Vergl. Poggendorff Ann. Bd. LXIII. S. 530.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXV. p. 337.

3 L'Institut. 1839. p. 462. 1840. p. 6. Vergl. hierüber RÖBER in Dove's Repertorium der Physik. Berl. 1839. Bd. III. S. 1 ff.

4 Ann. de Chim. et Phys. T. LXVI. p. 280.

Stimme ähnlicher wurde. Selbst wenn die erste Stimmritze keinen Ton gab, kam derselbe durch Hinzufügen der zweiten zum Vorschein, obgleich er durch diese letzte allein nicht erzeugt wurde[1]. Wenn K. F. S. Liscovius[2] fand, dass die Weiten der Mundhöhle nicht im gleichen Verhältniss zur Tiefe der Töne stehn, als dieses bei bauchigen Gläsern gefunden wird, so liegt hiervon die Ursache einfach in dem Umstande, dass der Ton im bauchigen Raume des Glases erzeugt wird, bei der Mundhöhle aber, durch die Stimmritze bereits entstanden, vorhanden ist.

Die ausführlichsten und gehaltreichsten Untersuchungen über Schwingungen elastischer Membranen mit Beziehung auf die Stimmen der Menschen und Thiere hat Joh. Müller[3] angestellt; sie schliessen sich an die von Biot, Caignard-Latour und Henle gemachten Versuche, das Stimmorgan durch elastische Membranen nachzubilden, an und können hier wegen ihrer Ausführlichkeit nicht vollständig mitgetheilt werden, vielmehr gestattet der Raum nur einige der wesentlichsten Thatsachen herauszuheben. Unter die Hauptversuche gehören diejenigen, welche er mit Streifen einer dünnen Membrane von Kautschuck anstellte, die er über die Mündung eines Rohrs in einen Rahmen so spannte, dass entweder der Luftstrom durch den schmalen Raum zwischen den beiden Seiten des Streifens und des Rahmens, oder zwischen dem die Hälfte der Rohröffnung schliessenden Streifen und einem die andere Hälfte schliessenden festen Deckel, oder endlich zwischen zwei die beiden Hälften verschliessenden Streifen durchging. In diesen Fällen bildete der Apparat eine Mundharmonica mit elastischen Membranen; indess gab auch ein über die Oeffnung eines Rohrs gespannter schmaler Streifen Kautschuck einen Ton, wenn er durch einen perpendiculär gegen den Rand oder schräg von der Mitte aus gegen ihn gerichteten, durch ein kurzes Röhrchen geblasenen Luftstrom in Schwingungen versetzt wurde,

1 L'Institut. 1843. N. 482.

2 Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 100. Vergl. über die Weite der Labialpfeifen Müller ebend. Bd. LXIII. S. 380.

3 Handbuch der Physiologie des Menschen u. s. w. 1840. Bd. II. S. 149 bis 245. Vergl. Ueber die Compensation der physischen Kräfte am menschl. Stimmorgan. Berl. 1839.

wobei die Höhe des Tones durch stärkeres Anblasen vergrössert werden kann, übrigens aber im umgekehrten Verhältniss der Länge des Rohrs wächst. Die Breite der Spalte zwischen zwei Membranen hat keinen Einfluss, doch hört der Ton ganz auf, wenn sie zu gross wird; merkwürdig ist aber, dass der Ton zweier Membranen tiefer ist als der, welchen jede einzelne giebt, wenn in diesem Falle beide den nämlichen Ton geben. Findet letzteres nicht statt, so treten vielfache Modificationen ein. Müller verfertigte Mundstücke mit membranösen Zungen, indem er über dem offenen Ende eines kurzen Rohres zwischen zwei Holzplättchen eine schmale Membrane spannte, oder die eine Hälfte mit einem Holzplättchen, die andere mit einer Membrane bedeckte, oder beide Hälften mit zwei sich nahe berührenden Membranen überspannte, oder endlich zwei sich berührende Kautschuckstreifen über eine längliche, der Axe des Rohrs parallele Oeffnung spannte. Diese Mundstücke steckte er in 1 Zoll weite Röhren, deren Länge dem Tone der für sich angeblasenen membranösen Zunge zugehörte, verlängerte dann diese Röhren durch Ansatzstücke bedeutend, erhielt aber im Allgemeinen keine den Verlängerungen correspondirende Töne, oder nur in einzelnen Fällen, was daraus erklärlich seyn dürfte, dass die Vibrationsmengen durch die membranösen Zungen vorzugsweise und schwer veränderlich bestimmt werden und sich hiernach die Schwingungsknoten der Luftsäule in den Röhren bilden, mit Ausnahme der wenigern Fälle, in denen die Längen der Luftsäulen in den Röhren das stärker bedingende Element abgeben. Merkwürdig war dabei das Zurückspringen des durch Verlängerung des Ansatzrohrs tiefer gewordenen Tones auf den ursprünglichen und der Umstand, dass durch partielle Bedeckung der Endöffnung der Ansatzrohre die Töne tiefer, aber auch höher wurden. Um den Einfluss der Ansprachrohre oder Windrohre (vergl. Bd. VIII. S. 376) zu prüfen, diente ein Mundstück aus einer 0,5 Z. langen Röhre, dessen Oeffnung zur Hälfte mit einer Holzplatte bedeckt, über die andere Hälfte eine Membrane dicht anliegend gespannt war. Dieses wurde entweder mit dem Munde angeblasen und mit Ansatzröhren von wachsender Länge versehn, oder ohne Ansatzröhre mittelst eines Windrohres von gleichfalls wachsender Länge zum Tönen gebracht. In beiden Fällen nahm die Tiefe der Töne mit der

Verlängerung der Röhre zu, bis zur Unteroctave, und sprang dann auf den ursprünglichen Grundton zurück. Ansatzrohr und Windrohr vereint, die übrigens bei der Menschenstimme durch den Raum vor den unteren Stimmenbändern und die Luftröhre mit den Bronchien gegeben sind, compensiren sich nicht, sondern wenn die Tonhöhe durch das eine gegeben ist, wird sie durch das andere verändert, bis die gegenseitigen Einwirkungen gleich sind. In Beziehung auf den Ursprung der beim Pfeifen mit dem Munde, beim Horne u. s. w. erzeugten Töne tritt MÜLLER den im Werke enthaltenen Ansichten völlig bei. Hinsichtlich des Ursprungs der Zungentöne erklärt er sich gegen die Ansicht, als liege die Ursache in den Unterbrechungen des Luftstromes, wie bei der Sirene, sucht diese vielmehr in den, wenn auch an sich unwahrnehmbaren, Vibrationen der Zungen. Wenn Andere, namentlich WEBER, die schwingende Luftsäule als eigentliche Ursache des Tönens angeben, so sprechen diese von dem starken, klangvollen Tone, der nur durch longitudinale Schwingungen der Luftsäule im Rohre entstehn kann, die aber, gleichsam als secundäre, ihren Ursprung den Schwingungen der Zungen verdanken. Dabei hebt MÜLLER den bedeutenden Umstand hervor, dass die Töne der elastischen Membranen durch stärkeres Anblasen merklich in die Höhe gehn, statt dass sie bei starren Zungen dadurch etwas tiefer werden. Die Ursache hiervon setzt er nach Wahrscheinlichkeit darein, dass die stärker strömende Luft durch fortdauernde Einwirkung der Membrane eine mehr beschleunigte Bewegung mittheilt, indem sie aus dem Strome gelangt und bei der Rückschwingung keine volle Excursion beendigt, sondern vor deren Vollendung wieder zurückgetrieben wird; dagegen sollen starre Zungen durch schwaches Anblasen nicht in ihrer ganzen Länge zum Schwingen kommen und daher einen höheren Ton geben. Zur genauen Feststellung des Thatsächlichen muss ich bemerken, dass W. WEBER [1], auf welchen sich MÜLLER beruft, zwar vollkommen Recht hat, wenn er sagt: eine nachklingende Stimmgabel und Saite geht etwas in die Höhe, allein hiervon lässt sich kein Schluss auf einen plötzlichen starken Impuls machen; denn wenn man eine Stimmgabel heftig anschlägt oder eine Saite stark stösst oder zerrt,

1 Poggendorff Ann. Bd. XIV. S. 402.

so ist der Ton höher, geht sofort in den normalen über und wird beim schwachen Nachklingen wieder höher. Die Ursache der anfänglichen Erhöhung des Tones liegt wohl ohne Zweifel bei den Saiten und vermuthlich auch bei den Stimmgabeln in der stärkeren Anspannung, die Erhöhung beim späteren Nachklingen dagegen dürfte wohl in den stark verminderten Excursionen, den kleineren Schwingungsbogen zu suchen seyn, welche, als pendelartig, bekanntlich in kleineren Zeiten vollendet werden. Bei den Zungenapparaten findet das Nachtönen nicht statt, denn mit dem Aufhören des Luftstromes verschwindet der Ton augenblicklich. Sofern aber die membranenförmigen elastischen Zungen an beiden Enden befestigt sind, müssen sie eine mit der Stärke des Luftstromes wachsende Spannung erhalten, woraus dann die Erhöhung des Tones von selbst folgt; bei starren Zungen findet die Befestigung nur an einem Ende statt, und hiermit fällt die Hauptbedingung weg, ihr Verhalten aber erfordert eine ausführlichere Untersuchung, als hier gestattet ist, denn es hat allerdings seine Richtigkeit, dass der Ton einer Zungenpfeife mit Windrohr durch stärkeres Anblasen herabgeht, bei einer gemeinen Mundharmonica, einem flachen Bleche mit messingnen Zungen aber geht im Gegentheil beim stärkeren Anblasen mit dem Munde der Ton bis zu einem ganzen Tone in die Höhe. Eine Erklärung dieser widersprechenden Erscheinungen weiss ich nicht anzugeben.

In specieller Beziehung auf die Stimme der Menschen benutzte Müller die im Wörterbuche nicht berücksichtigten Untersuchungen von Mayo [1], Malgaigne [2], Bishop [3] und Lehfeldt [4]; die vorzüglichste Beachtung verdienen aber seine eigenen Erweiterungen dieses Problems, wovon hier eine kurze Uebersicht wohl unerlässlich ist. Die Resultate stützen sich auf Versuche, welche er mit ausgeschnittenen menschlichen Stimmwerkzeugen anstellte, wobei er die Verengerungen und Erweiterungen der Stimmritze, wie sie im Leben durch die Mus-

---

1 Outlines of human physiology.

2 Archiv. gén. de Médic. N. 25.

3 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. 53. 54. 55. T. IX. p. 201. 269. 349.

4 Dissert. de vocis formatione. Berol. 1835.

keln hervorgebracht werden, durch Fäden, die mittelst Gewichten angezogen wurden, bewerkstelligte. Die unteren Stimmbänder geben bei enger Stimmritze durch Blasen von der Luftröhre aus volle und reine Töne, die aber durch die oberen Stimmbänder und den Kehldeckel, welche gleichfalls mitschwingen, stärker werden. Die Töne entstehn am leichtesten, wenn der hintere Theil der Stimmritze geschlossen ist, sie bleiben sich aber auch ohne dieses bei gleicher Spannung der Stimmbänder gleich, ohne Einfluss der grösseren oder geringeren Weite der Stimmritze, auch geben ungleich gespannte Stimmbänder in der Regel nur denselben Ton. Stossen die gleich gespannten Stimmbänder beim Schwingen an einem Theile ihrer Länge an einander, so entsteht ein höherer Ton, und bei geringer Spannung derselben sind die Töne klingender, wenn sie sich berühren, als wenn sich eine enge Oeffnung zwischen ihnen befindet; in beiden Fällen aber bleibt die Höhe unverändert, welche fast ganz von der Spannung abhängt, ohne dass jedoch dabei das für künstliche Membranen aufgefundene Gesetz der Quadratwurzeln der spannenden Kräfte Anwendung findet. Die Töne lassen sich durch Spannung um etwa zwei Octaven erhöhen und werden darüber hinaus schreiend und unangenehm; durch künstliche Erschlaffung derselben mittelst zurückdrückender Gewichte lassen sich dann noch Töne hervorbringen, die über eine Octave tiefer sind. Merkwürdig ist das Ergebniss, dass sich bei schwacher Spannung der Stimmbänder zwei ganz verschiedene Register hervorbringen lassen, nämlich die tiefen Töne der Bruststimme, die höheren und die höchsten der Falsetstimme; bei einiger Spannung kommen stets Falsettöne zum Vorschein und Brusttöne bei grosser Abspannung, bei schwacher Spannung werden beide Arten durch die Stärke des Blasens bedingt und der Falsetton kommt bei ganz schwachem Blasen leicht zum Vorschein. Die hohen Töne sind übrigens keine Flageolettöne, wobei ein Theil des tönenden Körpers einen Knoten erhält, vielmehr werden beide Register dadurch bedingt, dass bei den hohen Tönen nur die Ränder der Stimmbänder, bei den tiefen die ganzen Stimmbänder mit grossen Excursionen lebhaft schwingen, wie zuerst Lehfeldt beobachtet hat. Zur eigentlichen Erzeugung dieser beiden Arten von Tönen sind also die übrigen Theile des Sprachorgans nicht erforderlich. Der Unterschied der Höhe der Töne

bei Weibern und Männern beruht auf der ungleichen Länge der Stimmbänder, denn es fand sich die mittlere Länge bei Männern in Ruhe = 18,25 Millim., bei stärkster Spannung =23,3, bei Weibern in Ruhe = 12,6, bei stärkster Spannung = 15,6 Millim., wonach also das Verhältniss im Ganzen 3:2 ist. Bei gleicher Spannung lässt sich der Ton durch stärkeres Blasen bis zu etwa einer Quinte und darüber in die Höhe treiben; durch den rückgehenden Luftstrom (beim Einziehn der Luft) entsteht gar kein Ton und nur zuweilen ein tiefer rasselnder. Die Erzeugung eines Schwingungsknotens durch leise Berührung der Stimmbänder hat höhere Töne zur Folge, die Länge des Windrohrs aber hat keine solchen Wirkungen, als bei einer Kautschuckzunge, und MÜLLER glaubt daher mit Recht, der wenig veränderlichen Länge der Luftröhre allen Einfluss auf die Tonhöhen absprechen zu müssen. Das doppelte Ansatzrohr des menschlichen Stimmorgans, Mundrohr und Nasenrohr, wirkt hinsichtlich der Tonhöhe nur als ein einfaches und verändert bloss den Klang. Auch der Kehldeckel scheint keinen weiteren Einfluss zu haben, als dass er beim Herabgedrücktwerden den Ton etwas tiefer und dumpfer macht. Der Gaumenbogen verengert sich und das Zäpfchen verkürzt sich bei höheren Brusttönen und den Falsettönen, bei gleich hohen Tönen ist der Isthmus faucium gleich eng und selbst die Berührung der Gaumenbogen mit den Fingern ändert den Ton nicht.

Nach allem diesen ist das menschliche Stimmorgan ein Zungenwerk mit doppelten membranösen Zungen und FECHNER's[1] Einwurf hiergegen, dass während geöffnet bleibender Stimmritze gar kein Ton entstehn könnte, verwirft MÜLLER als mit der Erfahrung nicht übereinstimmend; auch darf ich aus eigener Erfahrung wohl hinzusetzen, dass weder die Blätter der Clarinetten, noch die Rohre der Hoboen und Fagotts, mindestens bei den tiefen Tönen, völlig geschlossen sind, indem in diesem Falle gar kein Ton entsteht. Endlich darf man nur von einer unten verschlossenen Stange des gewöhnlichen Schilfrohrs an einer Stelle die äussere harte Rinde wegnehmen, die innere feine Haut mit einem Risse versehn und hineinblasen, um einen Ton zu erhalten, welcher sichtbar durch

1 Handbuch der Experimentalphysik von BIOT. Bd. II. S. 148.

die Vibrationen des dünnen Häutchens entsteht. Auch die Ansicht von DODART und LISCOVIUS, wonach die Höhe und Tiefe der Töne von der geringeren und grösseren Weite der Stimmritze 'abhängt, zeigt sich nach den mitgetheilten Erfahrungen MÜLLER's als unrichtig.

Von den vielen Nachweisungen über die Menschenstimme glaube ich folgende aufnehmen zu müssen. Bei den tieferen Tönen steigt der Kehlkopf herab und das Ansatzrohr wird länger; das Gegentheil findet bei den höheren Tönen statt, auch rücken die Gaumenbogen zusammen und das Zäpfchen wird so viel kürzer, je höher die Töne werden. Indess sind nicht die Falsettöne, wohl aber die des Räusperns und Schnarchens Töne der Gaumenbogen und des Gaumensegels. Im Alter verliert die Stimme an Klang durch die Ossification der Kehlkopfknorpel und die Veränderung der Stimmbänder, an Sicherheit durch Abnahme des Imperiums der Nerven auf die Muskeln und das hier, wie überhaupt, entstehende Zittern der Bewegung. Durch anhaltende Anstrengung ermüden die Muskeln und die Stimme verliert für einige Zeit ihren Klang, dessen (den aller andern Instrumente an Schönheit und Vollkommenheit überbietende) Vorzüge von der dauernden Weichheit und gleichmässigen Spannung der im lebenden Zustande sich lange gleichbleibenden Apparate herrührt.

Ueber das Pfeifen mit dem Munde hat MÜLLER am Ende (S. 220) noch einige Sätze hinzugefügt, die zum Theil der oben gegebenen Erklärung des Ursprungs dieser Töne widersprechen, wiewohl jene mir noch immer die allein richtige zu seyn scheint. Durch Reibung der Luft an den Rändern einer Oeffnung kann nicht wohl ein Ton entstehn, weil eigentliche Reibung flüssiger Körper nicht stattfindet. Gegen die angeführte Behauptung von CAIGNARD-LATOUR, dass die nämlichen Töne des gewöhnlichen Pfeifens auch dann erhalten werden, wenn man eine durchlöcherte Korkscheibe zwischen die Lippen nimmt (wobei ich voraussetze, dass die inneren weichen Häute beider Lippen, denen die Töne ihren Ursprung verdanken, wirklich die Korkscheibe in ihrer ganzen Ausdehnung auf beiden Seiten berühren und sonach nicht frei schwingen), kann ich nichts anderes antworten, als dass ich diesen Versuch erst selbst sehen müsste, ehe ich das Resultat für erwiesen halte. Vollkommen richtig dagegen ist der Versuch MÜLLER's selbst, wo-

nach man durch einen zwischen die Lippen gehaltenen harten Körper mit einem Loche einen pfeifenden Ton beim Einziehen der Luft erhält. Dieser entsteht indess durch den Strom der Luft, welcher durch die Oeffnung dringend die Luft in der innerhalb der Lippen gebildeten Höhlung zum Vibriren bringt, fehlt aber, wenn man nach aussen bläst, zum Beweise, dass die durch eine Oeffnung ins Freie strömende Luft keinen Ton, auf jeden Fall keinen so tönenden, als ihn das Pfeifen mit dem Munde giebt, höchstens nur etwa einen rauschenden oder einen zischenden, hervorzubringen vermag. Uebrigens beziehe ich mich auf die von mir im Wörterbuche (Bd. VIII. S. 383) angegebenen Gründe.

Ueber die Fortpflanzung des Schalls durch Wasser stellte Bonnycastle[1] Versuche an und folgerte daraus Resultate, die mit denen von Colladon früher gefundenen nicht übereinstimmen. Letzterer unterwarf sie daher einer kritischen Prüfung, stellte aber zugleich eine neue Reihe Versuche mit etwas veränderten Apparaten auf dem Genfer See an, wobei die Entfernung 35000 Meter betrug, die jedoch vollkommen alles dasjenige bestätigten, was er vorher gefunden hatte[2].

Eine Reihe merkwürdiger Erscheinungen, die sich auf die Schallwellen, deren Reflexion und Interferenz beziehen, hat N. Savart[3] bekannt gemacht. Dieser fand, dass das Geräusch vom Rasseln eines auf dem Strassenpflaster fahrenden Wagens, eines Wasserfalls, des heftig aus einer Oeffnung strömenden Dampfes, der wirbelnden Trommeln, des Windes in Bäumen, des Meeres u. s. w., wenn es von einer ebenen Wand reflectirt wird, durch die vereinten auffallenden und reflectirenden Wellen Töne erzeugt, die in bestimmten Entfernungen abwechselnd zum Vorschein kommen und verschwinden. Da in einem Geräusch die sämmtlichen Töne der diatonischen Tonleiter enthalten sind, so mass er mittelst eines auf die die Schallwellen reflectirende Mauer lothrecht gerichteten und horizontal gehaltenen Massstabes die Entfernungen, wo diese zum Vorschein kamen. Heisst dann der erste, am Ausgangspuncte entstehende Ton willkürlich C, so waren die gemessenen Abstände und die

---

1 S. Biblioth. univ. T. XXII. p. 380. Août 1839.

2 L'Instit. 1841. 9me Ann. N. 401. Bibl. univ. de Genève. N. 68. Daraus in Edinb. New Phil. Journ. N. LXIII. p. 91.

3 Compt. rend. T. VII. p. 1068. Daraus in Poggendorff Ann. Bd. XLVI. S. 458.

berechneten Wellenlängen, die des ersten am Ausgangspuncte entstehenden als Einheit angenommen, folgende:

Töne	Abstände von der Mauer	Berechnete Wellenlängen
C	1,00	$1 \times 1 = 1{,}000$
D	0,90	$1 \times \frac{8}{9} = 0{,}889$
E	0,81	$1 \times \frac{4}{5} = 0{,}800$
F	0,76	$1 \times \frac{3}{4} = 0{,}750$
G	0,67	$1 \times \frac{2}{3} = 0{,}667$
A	0,61	$1 \times \frac{3}{5} = 0{,}600$
H	0,54	$1 \times \frac{8}{15} = 0{,}533$
c	0,50	$0{,}5 \times 1 = 0{,}500$
d	0,45	$0{,}5 \times \frac{8}{9} = 0{,}444$
e	0,41	$0{,}5 \times \frac{4}{5} = 0{,}400$
f	0.38	$0{,}5 \times \frac{3}{4} = 0{,}375$
g	0,34	$0{,}5 \times \frac{2}{3} = 0{,}333$

Hierauf wurden Versuche mit einer Glocke gemacht, die sich in einem Abstande von etwa 40 bis 50 Meter von einer glatten Wand befand. Heissen dann die Puncte, wo die reflectirten Töne am stärksten waren, Knoten, diejenigen, wo sie verschwunden schienen, Bäuche, so betrug der gemessene Abstand des ersten Knotens etwas mehr als eine halbe Wellenlänge, die übrigen stimmten aber so genau, als die Messung dieses verstattete, mit den Wellenlängen, sogar mit Rücksicht auf die bei den Versuchen stattfindende Temperatur überein. Es folgt hieraus, dass ebene Flächen das Vermögen haben, einen jeden Ton zu verstärken; allein dann muss der tönende Körper einen gewissen Abstand von der reflectirenden Ebene haben, welcher nach der Höhe des Tones verschieden ist. Zugleich liegt hierin eine gewisse Beziehung auf den von Chladni aufgestellten Satz, dass jedes Zimmer für die Resonanz einer gewissen Tonart am geeignetsten sey.

Neuerdings will Fermond [1] aufgefunden haben, dass ein durch eine Glasröhre getriebener Luftstrom nur dann einen Ton erzeuge, wenn er eine schraubenförmige Bewegung um die Axe der

1 Compt. rend. 1843. T. XVII. p. 800. T. XVIII. p. 171. Poggendorff Ann. Bd. LXII. S. 576.

Röhre annimmt. Um diese hervorzubringen, verstopfte er eine Glasröhre am einen Ende mit einem Korkstopfen, in dessen Umfang einige schraubenförmig gewundene Canäle eingeschnitten waren, und um die hierdurch entstehende schraubenförmige Bewegung der Luftsäule im Innern der Glasröhre wahrzunehmen, blies er Tabacksrauch durch die Einschnitte im Korke. Das einfache, so gebildete Instrument nennt er Helikophon. Das schraubenförmige Fortlaufen der longitudinalen Schwingungen hohler tönender Glasröhren ist bekannt. Die Luftschwingungen in cylindrischen Röhren sind theoretisch untersucht durch W. Hopkins[1], welcher dann zugleich die auf diese Weise erhaltenen Resultate durch Versuche geprüft hat. Auch die von A. Pinaud[2] entdeckten Töne, welche entstehen, wenn die an Thermometerröhren geblasenen Kugeln erkalten, verdienen hier erwähnt zu werden. Pinaud leitet ihren Ursprung von der in den Röhren haftenden Feuchtigkeit ab, die in Dampf verwandelt ausströmt und dann ein Wiedereinströmen der Luft veranlasst, wonach die Erscheinungen sich denen der chemischen Harmonica anschliessen. Als Gesetze für diese Töne fand er auf, dass unter sonst gleichen Umständen die Töne desto tiefer sind, je länger die Röhre ist, bei gleich langen Röhren aber, je grösser die Kugel ist, dagegen desto höher, je weiter die Röhre.

Ueber die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalls durch die Luft sind sehr schätzbare Versuche hinzugekommen, welche zugleich dazu dienen, das durch Stampfer und Myrbach (Bd. VIII. S. 397) erhaltene Resultat zu bestätigen, wonach das Aufsteigen oder Herabgehen der Schallwellen auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit keinen Einfluss hat. Die Gebrüder A. und C. Bravais und Martins stellten diese Versuche an, indem sie im September 1844 auf dem Faulhorn und neben dem Dorfe Tracht unweit Brienz Böller abfeuerten und die Zeit massen, binnen welcher der Schall die gerade Strecke zwischen beiden Stationen durchlief. Der Weg des aufsteigenden Schalles betrug 9624,2 Met. mit einer Steigung von 2116,4 Met., des herabgehenden 9677,4 Met. mit einer Senkung von

1 Trans. of the Cambridge Philos. Soc. T. V. P. II. p. 231. Poggendorff Ann. Bd. XLIV. S. 246.

2 L'Institut. 1837. N. 131. p. 366. Poggendorff Ann. Bd. XLII. S. 610.

2041,5 Meter. Fände ein Einfluss des Aufsteigens oder Herabgehens statt, so würde nach den Versuchen die grössere Geschwindigkeit dem herabgehenden Schalle zukommen, was mit den theoretischen Ansichten über den Uebergang der Wellen aus einem dünneren Medium in ein dichteres wohl im Widerspruch stehen dürfte, und der geringe Unterschied darf daher wohl als Beobachtungsfehler gelten. Zur Zeitmessung dienten geprüfte Chronometer und Secundenzähler, namentlich die von BREGUET, welche durch einen sinnreichen Mechanismus Zehntel einer Secunde zu messen gestatten; die Temperatur wurde mittelst verglichener Thermometer und der Feuchtigkeitszustand mittelst des Psychrometers bestimmt. Aus 34 an drei Abenden angestellten Versuchen ergiebt sich die Geschwindigkeit des Schalls in trockner Luft und für den Schmelzpunct des Eises = 332,37 Meter in 1 Secunde, welches von dem durch die holländischen Physiker erhaltenen, nach dem neu aufgefundenen Coefficienten für die Ausdehnung der Luft = 0,00366 corrigirten Resultate = 332,25 Meter um nicht mehr als 0,12 Meter abweicht[1].

Zus. Ueber die Entstehung der farbigen Schatten hat C. POHLMANN[2] eine auf Versuche gegründete neue Theorie aufgestellt. Zuerst widerlegt er die älteren Erklärungshypothesen und eine weniger allgemein bekannt gewordene, bei der Versammlung der Naturforscher zu Berlin veröffentlichte von v. MÜNCHOW, wonach das in einem gegebenen Raume vorhandene farbige Licht die Eigenschaft haben soll, von einem fremden, in eben diesen Raum eindringenden, Lichte den ihm selbst entsprechenden Antheil zu absorbiren und nur das complementäre Licht durchzulassen. Unter den erwähnten Versuchen sind einige neu, es dürfte indess hinsichtlich derselben zu bemerken

1 Compt. rend. T. XIX. p. 1164.
2 Poggendorff Ann. Bd. XXXVII. S. 319.

seyn, dass man sich bei der Beobachtung farbiger Gegenstände durch Röhren sehr vor Täuschungen zu hüten habe, wie aus dem (Bd. I. S. 504) Gesagten genügend hervorgeht. Gegen das Hauptresultat, welches POHLMANN gefunden zu haben glaubt, nämlich, dass die Bläue des Himmels zur Erzeugung der blauen Schatten wesentlich mitwirke, hat FECHNER[1] unwiderlegliche Argumente aufgestellt, welcher zugleich bemerkt, dass durch seine eigenen Erörterungen über die durch den Contrast erzeugten Farben keine positive Erweiterung unserer Kenntnisse errungen sey, sie vielmehr dazu dienen, den unnöthigerweise verrückten früheren Standpunct wieder herzustellen. Beachtens- und nachahmenswerth ist aber eine Vorrichtung, welche derselbe in seinem grossen dunklen Zimmer angebracht hat, wodurch sich die gefärbten Schatten ausnehmend gut darstellen und überhaupt Versuche über subjective Farben bequem anstellen lassen. In dem einen der Fensterläden sind zwei quadratische Oeffnungen von 6 par. Zoll Seite und 2 Fuss Abstand ihrer Mitten in horizontaler Ebene angebracht, mit Fugen an den oberen und unteren Seiten, um in ihnen theils undurchsichtige Scheiben zur Veränderung des Lumens, theils farbige Gläser anzubringen. Lässt man durch das eine mittelst eines farbigen Glases gefärbtes Licht, durch das andere Tageslicht einfallen, so kann man letzteres mittelst des Schiebers so weit modificiren, dass die gefärbten Schatten den höchsten Grad der Intensität erreichen. Mit Anwendung dieser Vorrichtung hat der höchst verdiente, eben hierdurch aber zur innigen Betrübniss seiner zahlreichen Freunde und Verehrer des freien Gebrauchs seiner Augen beraubte Gelehrte die gehaltreichen Versuche über die gefärbten Schatten und die diesen nächst verwandten subjectiven Farben angestellt, die von allen denen nicht vernachlässigt werden dürfen, die sich mit diesem Gegenstande beschäftigen und wovon einige der wichtigsten Momente beim Art. **Sehen** nachgetragen worden sind.

Schaufelwerke. S. **Hydraulik.** V. 520.

Schaum. Entstehung und Beschaffenheit. VI. 460.

Scheel und dessen Verbindungen. VIII. 522.

Scheffel. Kornmass. schlesischer. VI. 1323. preussischer. 1332. dänischer. 1343. baierscher. 1367.

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XLIV. S. 137 ff. Bd. L. S. 433.

Zus. Ueber die Schlagweite der Batterien hat P. Riess [1] Untersuchungen angestellt, durch welche die ältere (Bd. VIII. S. 529) Ansicht Berichtigung findet, wonach die Schlagweite der Stärke der Ladung direct und dem Leitungswiderstande der den Strom leitenden Körper umgekehrt proportional seyn soll. Bei der Anwendung der vollkommensten und sehr unvollkommener Leiter war die Schlagweite gleich und die Versuche bestätigten daher die Formel, wonach $d = b\,\frac{q}{s}$ gesetzt wird, wenn d die Schlagweite, q die Elektricitätsmenge, s die Grösse der Fläche der Flasche, worauf sie verbreitet ist, und b die Schlagweite für die zur Einheit gewählte Ladung bezeichnen. Wird die Batterie nach dem ersten Schlage aufs neue bis zum abermaligen Ueberspringen des Funkens geladen,

1 Poggendorff Ann. Bd. LIII. S. 1 ff.

so kann man aus der hierzu erforderlichen Elektricitätsmenge den bei der ersten Entladung verschwundenen aliquoten Theil der Ladung finden. Eine abermalige Versuchsreihe zeigte, dass die bei der ersten Entladung verschwindende Elektricitätsmenge dieselbe ist, der Stromleiter bestehe aus gut oder minder vollkommen leitenden Metallen. Es mag hier noch bemerkt werden, dass unter den günstigen Bedingungen, namentlich der Trockenheit der Luft, unter denen diese Versuche angestellt wurden, nahe $\frac{11}{13}$ der ganzen Ladung beim ersten Funken verschwanden, wenn nicht bloss die metallenen Leiter, Kupfer oder Platin verändert, sondern auch die Kugeln des Entladers mit kleinen Scheiben vertauscht oder der Schliessungsbogen durch einen Zwischenraum von 0,3 Lin. zwischen zwei Kugeln unterbrochen wurde. Macht man hiervon eine Anwendung auf das gewöhnliche Entladungsverfahren, wobei die Kugel des Entladers der Kugel der inneren Belegung successiv bis zur Berührung genähert wird, so folgt, dass bei der Entfernung beider Kugeln $= d$ zuerst $\frac{11}{13}$ der Ladung verschwinden, und die Kugel muss dann bis $\frac{2}{13}$ der anfänglichen Entfernung näher kommen, damit eine zweite Entladung erfolgt, durch welche $\frac{11}{13} \times \frac{2}{13}$ der Ladung verschwindet; bei einer weiteren Annäherung bis $\left(\frac{2}{13}\right)^2 . d$ wird abermals eine Entladung von $\left(\frac{2}{13}\right)^2 \times \frac{11}{13}$ erfolgen. Bei den Versuchen war die anfängliche Entfernung 1,5 Linien, wonach die nachfolgenden

1,5; 0,23; 0,035; 0,0055

gewesen seyn würden, die sich sehr bald der Berührung nähern. Aber selbst die erste Entladung ist nicht instantan, wie sich daraus ergiebt, dass ein grösserer Theil der Ladung zurückbleibt, wenn durch den Funken ein Theil des Leiters zerstört und dadurch der Strom unterbrochen wird. Wurde in den Leiter des Stromes eine Glasröhre mit Wasser eingeschaltet, deren Länge 8,3 Zoll, Dicke 4,5 Lin. betrug und deren Enden mit Kupfer eingefasst waren, von welchem Spitzen in das Innere hineinragten, so war die bei gleicher Schlagweite

---

1 Ueber die Kunst zu schwimmen ist vorzüglich zu empfehlen: Kleines Lehrbuch der Schwimmkunst zum Selbstunterricht u. s. w. von J. C. F. GUTSMUTHS. 2. Aufl. 1834.

Zus. Der See Schiramihu in Persien gleicht ausnehmend dem todten Meere. Er nimmt 14 Flüsse auf, die, wie dort gewöhnlich, als Bergströme während der Schwellen sehr wasserreich, sonst aber klein sind, und giebt kein Wasser ab, ausser durch Verdunstung. Sein Bette wird zunehmend höher [1].

Ueber dem todten Meere ruht nach SCHUBERT [2] stets ein dicker Nebel, so dass die Einwohner von Jericho die südlichen Küsten nie zu Gesicht bekommen. Die Ursache hiervon soll in dem Mangel dort herrschender Luftströmungen liegen. Ohne Zweifel ist hierbei die von SCHUBERT gefundene Vertiefung der

---

1 Morier's zweite Reise durch Persien u. s. w. Weim. 1820. S. 311.

2 Reise in das Morgenland in den Jahren 1836 und 1837. Erlangen 1839. Bd. II. S. 440. Berghaus Ann. d. Länder- und Völkerkunde. 1839. N. 167. S. 328.

ganzen Gegend, in welcher dieser See den tiefsten Punct bildet, mitwirkend, denn nach seinen Bestimmungen der Einsenkung dieses Landstriches liegt der See 598, der See Genezareth 535 und Jericho 528 par. Fuss unter dem Spiegel des mittelländischen Meeres. Ein ähnliches Resultat aus barometrischen Messungen erhielten MOORE und BEEK; und CALLIER [1] fand sogar aus barometrischen und thermobarometrischen Messungen die Vertiefung des todten Meeres 608 Meter unter dem Spiegel des mittelländischen Meeres. Hiermit stimmen die Angaben BERTOU's [2] nahe überein, doch können seine Messungen nicht für genau gelten, da sie nach zerbrochenem Barometer mit einem Thermometer gemacht wurden. Dagegen sind die Messungen RUSSEGGER's [3], welcher alle erforderliche Data bestimmt angiebt, so genau, als sie mittelst des Barometers erhalten werden, und hiernach liegt Jericho 717, der Badeplatz der Pilger am Jordan 1291 und das todte Meer 1341 par. Fuss unter dem Spiegel des mittelländischen Meeres. Die genauesten Bestimmungen sind durch das Nivellement des englischen Lieutenants SEYMOND [4] gegeben, wonach der Spiegel des todten Meeres 1231 und der des Sees Tiberias 314,6 par. Fuss unter dem Spiegel des mittelländischen Meeres liegen.

Um die streitige Frage über die Depression des Kaspischen Meeres definitiv zu entscheiden, bestimmte Kaiser NICOLAUS eine Summe von 50,000 Rubeln zu einem Nivellement zwischen dem asow'schen und kaspischen Meere, ausgeführt durch G. FUSS, SADLER und SAWITSCH. Als Endresultat aus den verschiedenen Berechnungen [5] beträgt die Vertiefung im Mittel 81,3 engl. oder 76,3 par. Fuss.

---

1 L'Instit. 6me Ann. N. 254. Compt. rend. T. VII. p. 798.

2 Bullet. de la Soc. de Géographie. T. X. p. 274.

3 Poggendorff Ann. Bd. LIII. S. 179.

4 Edinb. New phil. Journ. N. LXVII. p. 178.

5 Aus Bullet. Scientif. de l'Acad. de St. Petersb. T. II. p. 254. T. III. p. 27. 117. 366. T. IV. p. 241. AL. SAWITSCH: Ueber die Höhe des Kasp. Meeres und der Hauptspitzen des Caucasischen Gebirges. Dorp. 1839. G. SADLER: Beobacht. über die irdische Strahlenbrechung. Dorp. 1839. zusammengestellt durch POGGENDORFF in dessen Ann. Ergänz.-Hft. S. 352. Die Ungleichheit der Resultate beruht auf der Art der Berechnung der Strahlenbrechung.

Ueber die Seiches (franz. Sèches) im Genfersee hat L. L. Vallée eine eigene Hypothese aufgestellt[1]. Hiernach leitet er sie von tiefen unterirdischen Höhlen ab, deren Wasser durch unterirdische Canäle mit dem Genfersee in Verbindung stehn sollen. Er setzt diese Behälter unter das Mer de Glace, und da die Canäle durch den Frost verstopft werden, so findet das Phänomen im Winter nicht statt. Die Hypothese ist gewagt und lässt das plötzliche Eintreten des Phänomens unerklärt.

Zus. Ueber die Functionen des Auges ist verschiedenes Neues hinzugekommen, wovon Einiges hier berührt werden möge. Dahin gehören drei Memoiren über den Bau des Auges und die Theorie des Sehens von Vallée[2].

Betrachtet man das Auge als optisches Werkzeug, so gehören genaue Messungen der Dimensionen seiner Theile und des Brechungsvermögens seiner Flüssigkeiten zu den wichtigsten Elementen. Was die Messungen betrifft, so hat C. Krause seine bereits (Bd. VIII. S. 744) erwähnten bedeutend vervollständigt, und obgleich man schon vorher wusste, was auch aus oberflächlichen Messungen hervorgeht, dass namentlich die Krümmung der Hornhaut nicht kreisförmig ist und dass die beiden Flächen der Linse weder unter sich völlig gleich, noch gleichfalls genau kreisförmig sind, so ist es doch sehr wich-

---

1 Compt. rend. T. XV. p. 173.
2 Ebend. T. XIV. p. 481.

tig, die sämmtlichen Curven genauer zu bestimmen, und es verdienen daher diese schätzbaren Bemühungen die dankbare Anerkennung der Physiologen. Zwar kann und muss vielmehr wohl, wenn man allzuweitläuftige Rechnungen vermeiden will, derjenige Theil der Flächen, welcher bei der Erzeugung der Bilder thätig ist, als kreisförmig betrachtet werden, allein es gewährt doch einen grossen Gewinn, die Halbmesser dieser Kreise aus der genaueren Kenntniss der Krümmungen schärfer zu bestimmen. Bei den hier nachträglich nebst den älteren zu erwähnenden Messungen[1] dienten hierzu frische Augen solcher Personen, die eines gewaltsamen Todes gestorben waren, und das Verfahren bestand darin, diese in Wasser mit etwas Eiweiss vermischt zu durchschneiden, sie dann unter einem aplanatischen Mikroskope von 5,5 Lin. Sehfeld und zwölfmaliger Vergrösserung zu betrachten und die Grössen mittelst mikrometrischer Apparate zu bestimmen. Diese zur Ergänzung der im Werke enthaltenen hier mitzutheilen scheint mir der Vollständigkeit wegen erforderlich; die Messungen wurden bis auf Hundertstel einer par. Linie genau gemacht, und aus den so erhaltenen Abscissen und Ordinaten die Radien, Parameter und Axen nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Hiernach gaben acht verschiedene Augen folgende Grössen.

	Axe des Auges		Augapfel Durchmesser					
				senkrechter		diagonaler		
						grosser		
No.	äussere	innere	transversaler	äusserer	innerer	äusserer	innerer	kleiner
I	10,9	9,85	10,9	10,8	9,9	11,25	10,3	......
II	11,05	10,0	....	10,3	9,4	11,1	10,2	11,05
III	10,7	9,8	10,7	10,5	9,6	11,0	10,2	10,6
IV	10,5	9,5	10,6	10,3	9,5	10,9	10,1	10,7
V	10,8	9,55	10,9	10,55	9,6	11,3	10,35	11,0
VI	10,8	9,55	11,0	10,6	9,45	11,3	10,2	11,1
VII	10,65	9,4	10,75	10,3	9,45	10,7	9,6	10,75
VIII	10,65	9,45	10,75	10,3	9,15	10,9	9,75	10,7

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXIX. S. 527.

No.	Hornhaut Dicke in der Mitte	Dicke am Rande	Vorderfläche Sehne senkrechte	Vorderfläche Sehne transversale	Vorderfläche Sehne diagonale	Vorderfläche Radius = r	Vorderfläche grösster Bogen	Hinterfläche Sehne	Hinterfläche Parameter = p
I	0,4	0,5	. . .	4,6	. . .	4,38	63° 21′	5,1	6,14
II	0,35	0,5	4,8	5,3	4,9	4,12	80 3	5,0	5,55
III	0,4	0,5	. . .	5,0	. . .	3,67	83 52	5,1	5,28
IV	0,4	0,45	4,7	5,2	. . .	3,91	83 21	5,2	6,22
V	0,5	0,55	4,4	5,0	4,9	3,84	81 14	5,0	6,18
VI	0,48	0,55	4,4	5,0	4,9	3,78	82 48	5,0	5,59
VII	0,53	0,63	4,2	4,7	4,4	3,86	75 0	5,0	5,54
VIII	0,5	0,62	4,2	4,6	4,4	3,72	76 23	4,9	4,31

No.	Sklerotica Dicke in der Augenaxe	Sklerotica Dicke am mittleren Umfange der Augenaxe	Sklerotica Dicke am vorderen Rande	Faltenkranz Durchmesser d. Faltenkranzes	Faltenkranz Entfernung von der Hornhaut	Blendung Breite der inneren Hälfte	Blendung Breite der äusseren Hälfte	Pupille Durchmesser	Pupille Entfernung v.d. Hornhaut
I	0,55	0,45	0,35	4,2	1,55	1,7	1,9	1,8	1,0
II	0,5	0,35	. . .	4,6	1,70	1,5	1,75	2,25	1,15
III	0,45	0,4	0,35	4,4	. . .	1,1	1,4	2,6	1,25
IV	0,5	0,4	0,3	4,5	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
V	0,65	0,4	0,3	4,6	1,55	1,7	1,9	1,4	1,1
VI	0,65	0,5	0,3	4,6	1,55	. . .	. . .	. . .	1,1
VII	0,55	0,5	0,4	4,3	1,4	1,6	1,8	1,5	0,9
VIII	0,6	0,5	0,4	4,3	1,4	1,8	2,0	1,2	0,9

Linse

No.	Durchmesser	Axe: der ganzen Linse	Axe: der vorderen Hälfte	Axe: der hinteren Hälfte	Vorderfläche: halbe grosse Axe = a	Vorderfläche: halbe kleine Axe = b	Vorderfläche: Entfernung v. der Hornhaut	Hinterfläche: Parameter = p	Hinterfläche: Entfernung von d. Retina
I	4,1	2,0	0,85	1,15	2,05	0,95	1,2	4,49	6,65
II	4,0	1,9	0,78	1,1	2,0	0,91	1,35	4,99	6,8
III	4,1	2,4	0,98	1,42	2,0	1,14	1,25	4,99	6,1
IV	4,1	2,2	0,95	1,25	2,05	1,10	1,35	4,51	5,9
V	4,0	1,85	0,65	1,2	2,03	0,83	1,25	4,83	6,4
VI	4,1	2,35	0,8	1,55	1,95	0,98	1,2	4,53	6,0
VII	4,0	1,8	0,78	1,02	2,03	0,95	1,0	4,09	6,65
VIII	4,0	1,85	0,85	1,0	2,0	0,94	1,0	3,79	6,55

Hintere Wölbung.

Axe des Ellipsoids der hinteren Wölbung.

No.	halbe grosse	halbe kleine	No.	halbe grosse	halbe kleine
I	5,12	4,45	V	5,14	4,58
II	5,05	4,15	VI	5,05	4,43
III	5,12	4,23	VII	5,05	4,41
IV	5,07	4,41	VIII	4,93	4,19

Folgende, im Mittel aus Messungen an verschiedenen Augen erhaltene Bestimmungen in par. Lin., obgleich minder wichtig, verdienen dennoch hier noch aufgenommen zu werden:

Durchmesser des Sehnervenloches in der Sklerotica . . . 1,3
— — — — Choroidea . . . 0,85
Dicke der Choroidea am hintern Umfange des Augapfels 0,065
— — — — mittleren — — — 0,039
Länge der vorderen Fläche des Orbiculus ciliaris 1,46
— — inneren — (oder grösste Dicke) . . . 0,44
Durchmesser des Ringes 5,0
Ganze Länge der Processus ciliares 1,1
Grösste Höhe — — — 0,39
Länge des vorderen Randes 0,4
Dessen Entfernung von der Uvea 0,22

Dicke der Iris am Ciliarrande	0,13
— — — Annulus minor	0,19
— — — Annulus maior	0,29
Dicke der Retina am hinteren Augapfel	0,073
— — — mittleren —	0,037
Länge der Centralfalte	1,42
Höhe — —	0,52
Höhe des Markhügels	0,26
Abstand seines Mittelpunctes vom hinteren Ende der inneren Augenaxe	1,46

Die Richtungen und Endpuncte der Durchmesser des Augapfels wurden nach den Berührungsstellen der geraden Muskeln mit dem grössten Umfange des Bulbus bestimmt; der grosse diagonale Durchmesser geht von innen (Nasenseite) und oben nach aussen (Schläfenseite) und unten, der kleine diagonale Durchmesser von aussen und oben nach innen und unten. Die grösste Breite der Hornhaut liegt nicht genau im transversalen Durchmesser des Bulbus, sondern etwas nach dem grossen Diagonaldurchmesser hingeneigt. Bei der Messung der innern Augenaxe vom Mittelpuncte der hinteren Fläche der Hornhaut bis zur Basis der Centralfalte der Retina ist auf die Höhe dieser Falte nicht Rücksicht genommen worden, weil sie beim Durchschneiden des Auges stets so stark verletzt wird, dass man ihre Höhe aus vielen andern Messungen annähernd bestimmen muss. Eigentlich ist also die innere Augenaxe um so viel, als diese Höhe beträgt, grösser, und dieses bezieht sich auch auf den Abstand der Linse von der Netzhaut und auf die halbe kleine Axe der hinteren Wölbung der Retina. Die andern Axen des Ellipsoids der hinteren Wölbung können an den Augen, die im grossen diagonalen Durchmesser durchschnitten sind, nicht durch unmittelbare Messung erhalten werden, ergeben sich aber approximativ aus den äusseren Durchmessern des Bulbus durch Abziehen der Dicke der Sklerotica. Die Uebersicht der Tabelle ergiebt, dass die verschiedenen Augen selbst hinsichtlich der Verhältnisse der einzelnen Theile verschieden sind, woraus zugleich erklärlich wird, warum dieselben Personen mit beiden Augen ungleich sehen. Eine Mittheilung der aus den Messungen und deren Berechnung erhaltenen Resultate zeigt, dass nach einer zehnmal grösseren Wahrscheinlichkeit die Krümmungen der Bestandtheile des Auges nicht kreisförmig sind, sondern den angenommenen Curven zugehören.

Ueber den Bau des menschlichen Auges ist weiter zu berücksichtigen, was ARNOLD[1] und MÜLLER[2] mitgetheilt haben, und man findet im letzteren Werke zugleich die neueste Literatur.

Die Art und Weise, wie das Sehen der Gegenstände stattfindet, war von jeher eine Hauptaufgabe der Physiologen, sobald sie sich selbst mit dieser Untersuchung beschäftigten und nicht irgend einer Autorität ohne nähere Prüfung folgten. Die älteren und neueren unzulässigen Hypothesen hierüber sind im Werke erwähnt und widerlegt; man ist jetzt darüber einig, dass das Auge als dioptrisches Werkzeug ein verkleinertes verkehrtes Bild auf die Netzhaut wirft, welche dadurch getroffen analog anderweitigen Nerventhätigkeiten eine Empfindung erzeugt, die wir Sehen nennen. Nur über die eigenthümliche Art der Erzeugung dieser Bilder, und ob das Auge hierzu einer Adjustirung zum deutlichen Sehen naher und entfernter Gegenstände bedürfe, wie sie für die dioptrischen Apparate erfordert wird, und auf welche Weise das Auge diese bewerkstelligt, war man lange im Streite. Ehe ich das, was hierüber neu hinzugekommen ist, mittheile, wird es angemessen seyn, das Verfahren zu erwähnen, mittelst dessen GERLING[3] das Auge mit einer künstlichen Netzhaut versieht, um die Bildchen auf dieser wahrzunehmen. Zu diesem Ende lässt er die mit allen Muskeln und Fasern herausgenommenen Augen von Ochsen oder Pferden auf Wasser schwimmen, macht dann mit einem grossen Aufwande von Zeit mittelst einer feinen spitzen Scheere durch kleine Einschnitte nach und nach einen Kreuzschnitt von etwa 15 Millim. Länge in die Sklerotica bis auf die Choroidea, löst die Lappen ab und schneidet sie etwa zur Hälfte weg, um ein Loch zu erhalten, worin die Choroidea frei liegt. In der Mitte dieses Loches fasst er die Choroidea mit einer Staarnadel, hebt sie zu einem Kegel von 1 bis 2 Millim. Höhe, schneidet diesen mit der Scheere glatt über dem Loche weg, und schiebt die sich zurückziehenden Reste unter die Ränder des Loches in der Sklerotica, wohin er mittelst der Staarnadel auch die auseinander gerissenen Theile der durch den Druck des Wassers etwas gehobenen Netzhaut schiebt. Hiernächst schiebt er ein

---

1 Untersuchungen über das Auge der Menschen. Heidelb. 1832.

2 Handbuch der Physiologie des Menschen. 3. Aufl. Bd. I. S. 390 Bd. II. S. 312.

3 Poggendorff Ann. Bd. XLVI. S. 243.

kleines dünnes, mit einer Pincette gehaltenes Glasblättchen, wie man diese bei den Objecthaltern der Mikroskope findet, unter einen der Lappen, hebt mit einer zweiten Pincette die übrigen Lappen und schiebt es auch unter diese. Um das so hergestellte Präparat gehörig aufzustellen, legt er einen Ring, einen hölzernen Schachteldeckel, etwas weiter, als das Auge ist, über dasselbe auf das Wasser, schneidet die überflüssigen Muskeln und Häute weg und näht die zu diesem Zweck gelassenen Reste derselben mit Pferdehaaren unter dem Wasser am Deckel rings umher fest, bis der Augapfel, ohne gedrückt zu werden, eine sichere Stütze an ihm hat. Das Auge lässt sich dann mit dieser Hülle herausnehmen; man steckt die eine Spitze eines Cirkels so in den Ring, dass beide Cirkelspitzen ungefähr in die Ebene der Sehaxe fallen und kann den Cirkel in ein Weinglas stellen, was dann als Stativ dient. Die auf dieser künstlichen Netzhaut entstehenden Bilder sind ausnehmend scharf und lassen sich mit den schärfsten Loupen untersuchen. GERLING steckte auf die freie Cirkelspitze einen Kork, durch diesen eine Nähnadel und näherte deren Spitze durch Verschieben oder durch Veränderung der Cirkelöffnung dem Bilde so lange, bis beim Bewegen des eigenen Auges mit der Loupe keine Parallaxe mehr wahrnehmbar war. Hierbei zeigte sich, dass die Bilder entfernter Gegenstände auf die künstliche Netzhaut oder in das Innere des Auges vor dieselbe fielen, naher aber in einen merklichen Abstand, welcher bei einem Pferdeauge bis zu 7 Millimeter für einen Gegenstand in 110 Millim. Entfernung von der Cornea betrug, hinter die Netzhaut fielen. Als er später die Bilder zweier in ungleicher Entfernung in gerader Linie mit dem Auge liegender Gegenstände, z. B. einer Kerze und eines Fensterkreuzes, mit einander verglich, indem er statt der Nadel die Loupe selbst auf dem Korke der Nadelspitze befestigte, bemerkte er mit Ueberraschung, dass die Bilder zweier nicht sehr verschieden entfernter Gegenstände noch merkliche Parallaxe zeigten, die aber so gering ist, dass man beide Bilder mit der Loupe zugleich sieht. Es wird beiläufig hierbei die interessante Bemerkung gemacht, dass man mit so präparirten Augen die Bilder der Gegenstände, die sich hinter dem Auge befinden, auf der Cornea sehen kann.

Die bedeutendste Erweiterung hat die Theorie des Sehens durch VOLKMANN erhalten. Um dessen Leistungen besser zu

verstehn, muss Folgendes vorausgeschickt werden. Sofern es sich ursprünglich darum handelte, dass das Auge ein dioptrischer, der Camera obscura ähnlicher Apparat sey, und man hierbei zunächst die Krystalllinse als den vorzüglich wirksamen Theil berücksichtigte, war die Lage und Beschaffenheit des kleinen verkehrten, auf der Retina erzeugten Bildchens durch die bekannten Wirkungen der biconvexen Linsen gegeben. Hiernach liegt die Mitte eines einzigen gesehenen Gegenstandes und seines Bildchens bei gerade auf ihn gerichtetem Auge in einer geraden, durch die Mitte der Linse gehenden Linie. Handelt es sich dann um die Bestimmung des optischen Winkels, also desjenigen, welchen zwei von den äussersten Enden eines gesehenen Objectes durch das Auge bis zum Netzhautbildchen gezogene Linien bilden, die sich nothwendig in einem Puncte in der Axe des Auges schneiden müssen, so kann man bei der Kleinheit der Theile des Auges und der zum deutlichen Sehen erforderlichen Entfernung diesen Durchschnittspunct oder den Scheitel des optischen Winkels unbedenklich in die Krystalllinse setzen, wie dieses im Wörterbuche (Bd. IV. S. 1434) geschehn ist, ja es würde selbst nur wenig abweichend seyn, wenn man die Spitze des Lichtkegels, dessen Basis auf dem gesehenen Objecte ruht, auf die Oberfläche der Cornea setzen wollte, wie man sich zur Versinnlichung bisweilen zu thun erlaubt. Handelt es sich aber um die Frage, in welchem Puncte die äussersten Randstrahlen eines einzigen gesehenen Gegenstandes oder die mittleren Strahlen zweier gleichzeitig gesehenen Gegenstände sich durchkreuzen, so ist diese nach dem, was mir hierüber bekannt wurde, zuerst durch Volkmann auf dem Wege der Erfahrung beantwortet worden, und es verdient dieses um so mehr eine dankbare Anerkennung, als die theoretische Entwickelung bei dem zusammengesetzten Baue des Auges unüberwindliche Schwierigkeiten darbieten dürfte, die aufgefundene Thatsache aber noch manche anderweitige Belehrungen über den Process des Sehens gewährt.

Volkmann[1] begann seine Untersuchungen damit, dass er Augen der weissen Kaninchen, auf deren hinterer Seite man die Netzhautbildchen wegen des fehlenden Pigmentum nigrum sehen

1 Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipz. 1836. S. 24 ff. Vergl. Poggendorff Ann. Bd. XXXVII. S. 342.

kann, auf eine Scheibe legte, die sich auf einem Diopterlineale um ihre verticale Axe umdrehn liess, und durch das Netzhautbildchen nach der dieses erzeugenden Lichtflamme visirte. Indem dieses dann mit zwei in einiger horizontaler Entfernung von einander abstehenden Objecten geschah, ergab sich aus der Lage der verticalen Axe, um welche das Auge hierbei gedreht wurde, dass dieser Durchkreuzungspunct der Lichtstrahlen hinter die Linse fällt. Um diesen Punct für das Auge lebender Menschen aufzufinden, diente folgendes sinnreich ausgedachtes Verfahren. ABCD sey ein Lineal mit einer geraden Linie abd, welche bei horizontaler Lage des Lineals in die verlängerte Augenaxe xa gebracht wird. Auf ihr befinden sich die beiden Perpendikel de und bf, und die Puncte b, d, e, f wurden zur genaueren Bestimmung mit Haarvisiren versehn. Wenn dann beim Visiren b und d; f und e sich deckten, so liess sich aus den bekannten Grössen de, bf, db die Linie dc und der Winkel dce, also auch der Durchkreuzungspunct c finden. Zur Erreichung grösserer Genauigkeit und Bequemlichkeit des Messens liess sich VOLKMANN einen eigenen Apparat, Gesichtswinkelmesser genannt, verfertigen. Dieser besteht aus einem Bretchen ABCD mit einem Ausschnitte bei A, um durch Aufsetzen auf die Nase die gehörige Festigkeit zu erhalten. Durch Fixiren eines Punctes d, welcher durch b gedeckt wurde, war es möglich, die verlängerte Augenaxe abd zu erhalten. Bei b befindet sich in 6 Zoll Entfernung von a ein Haarvisir, bei l ein Diopter mit einem sehr feinen Loche, in welchem beim Gebrauche das Haar b schwebend gesehn wurde. Ein zweites Haarvisir war im Puncte c einen Zoll weit von b und perpendiculär auf ab befestigt; es stand auf einer Scheibe, um welche sich ein Ring ss in horizontaler Ebene drehte. An der Scheibe ist ein Diopterlineal rr befestigt, mit einem feinen Diopter bei m, welches sich so um c drehen lässt, dass das Auge gleichzeitig das Visir b durch das Diopterloch l und das Visir c durch m sieht, und wenn der Apparat hierauf genau eingestellt worden ist, so geben die Visirlinien die Sehstrahlen und der Winkel bct lässt sich mittelst des Gradbogens uu und des Nonius tt bis auf 3 Minuten genau messen. Wird der Rand AD an das untere Augenlied fest angedrückt, so schwebt der vorderste Punct der Hornhaut nicht über dem Puncte a, sondern über einem nicht

Fig. 49.

Fig. 50.

allezeit gleichen Puncte der Scale V, und es ist daher ein Gehülfe nöthig, welcher von D aus visirend diesen Punct bestimmt. Sind auf diese Weise die Linien ab, bc und der Winkel bei c gemessen, so findet man hieraus den Scheitel des Dreiecks im Auge, mithin die Entfernung desselben von v. Messungen an acht verschiedenen Augen gaben den Abstand dieses Punctes von der Cornea = 0,472; 0,422; 0,472; 0,522; 0,422; 0,422; 0,472; 0,522 par. Zoll, also im Mittel ungefähr 2 Lin. hinter der Linse. Ist die Existenz dieses Punctes einmal erwiesen, so macht schon die einfache Betrachtung der Bewegung des Auges wahrscheinlich, dass sich dasselbe um diesen Punct dreht; Volkmann hat aber diesen wichtigen Satz durch eigene Versuche nach Art der eben beschriebenen bewiesen und nennt diesen Punct den Drehpunct des Auges. Gegen diesen Satz erklärte sich bald nachher Mile[1] in einer ausführlichen Abhandlung; es wird aber genügen, diese hier nur überhaupt zu erwähnen und dabei zu bemerken, dass Volkmann[2] die ihm gemachten Einwürfe genügend widerlegt hat. Wichtiger und einer aufmerksamen Beachtung der Physiologen werth sind die Bemerkungen, welche W. Stamm[3] in seiner gründlichen Kritik der von Volkmann aufgestellten Theorie über die Richtungslinien des Sehens und die Ursache des Undeutlichsehens ausserhalb der Augenaxe veröffentlicht hat. Bei allen Bemühungen, die verwickelten Fragen über das Verhalten des Auges bei der Erzeugung der Netzhautbilder zu beantworten, sind neue Versuche erforderlich, deren jeder wieder einer besonderen Prüfung bedarf, so dass es unmöglich wird, die Hauptresultate kurz herauszuheben und ich daher auf das Ganze verweisen muss.

Einen wichtigen Theil in der Theorie des Sehens bildet die ausnehmend vielfach ventilirte Frage, auf welche Weise die Adjüstirung des Auges zum deutlichen Sehen naher und entfernter Gegenstände bewerkstelligt werde. Die wichtigsten, auf dieses Problem sich beziehenden Untersuchungen sind am gehörigen Orte (Bd. IV. S. 1386) mitgetheilt worden und später (Bd. VIII. S. 746) ist die eigenthümliche Art, wie Treviranus

---

1 Poggendorff Ann. Bd. XLII. S. 37. 235.
2 Ebend. Bd. XLV. S. 207.
3 Ebend. Bd. LVII. S. 346.

das Problem aufgefasst hat, hinzugefügt worden, mit dem Bemerken, dass seine Demonstration für die factisch gegebenen Thatsachen nicht genüge und die Erfahrung überwiegende Gründe für das Vorhandenseyn eines Adjüstirungsvermögens im Auge darbiete. Inzwischen hat TREVIRANUS[1] seine Hypothese weiter vertheidigt und durch neue Argumente, die aus der in der Mitte grösseren Dichtigkeit der Krystalllinse entnommen sind, zu unterstützen gesucht. Gegen ihn erklärte sich sofort KOHLRAUSCH[2], indem er ihm begangene Rechnungsfehler nachwies, die zwar nicht so bedeutend sind, dass sie die ganze Demonstration als absolut nichtig erscheinen liessen, wenn dieselbe nicht an sich schon ungenügend wäre. Sein gewiegtester Gegner aber ist VOLKMANN[3], welcher namentlich SCHEINER's Versuch, ein kleines Object, etwa einen Stecknadelkopf, durch zwei kleine Löchelchen in einer undurchsichtigen Lamelle, etwa einem Kartenblatt, deren Abstand von einander kleiner ist, als der Durchmesser der Pupille beträgt, in ungleichen Abständen von dem dicht vor das Auge gehaltenen Schirme zu betrachten, wiederholte. Eine spätere genauere Berechnung des Abstandes beider Löcher, der Entfernung des gesehenen Punctes und der erzeugten Zerstreuungskreise zeigt evident die Nothwendigkeit eines Accommodationsvermögens des Auges, wenn nahe und ferne Gegenstände durch dasselbe deutlich gesehn werden sollen[4]. Einen vollgültigen Beweis endlich, dass bei zu grosser und zu geringer Entfernung der Objecte vom Auge die erzeugten Bilder bei unverändertem Auge vor und hinter die Retina fallen, mithin in beiden Fällen ein deutliches Sehen ohne Accommodation nicht möglich seyn würde, geben die oben erwähnten Versuche GERLING's.

Hierdurch ist also das Wichtigste, nämlich die wirkliche Existenz einer Adjüstirung der Augen für nahe und entfernte Gegenstände, genügend bewiesen und gegen die gemachten Einwendungen gerechtfertigt, über die Art aber und die Mittel

1 Beiträge zur Aufklärung der Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens. Brem. 1835. 8.

2 Ueber Treviranus Ansichten vom deutlichen Sehen in die Nähe und Ferne. Rinteln 1836. 4.

3 Neue Beiträge u. s. w. Cap. VIII. S. 64. Cap. XI. S. 105. Cap. XIII. S. 123.

4 Poggendorff Ann. Bd. XLV. S. 193.

wodurch sie im Auge bewerkstelligt wird, finde ich keine neue Hypothese aufgestellt oder eine der älteren bestimmt in Schutz genommen; im Ganzen scheinen sich die Physiologen der durch OLBERS aufgestellten Hypothese anzuschliessen, wonach die nöthige Veränderung des Auges durch den directen Druck der Augenmuskeln oder durch denjenigen Druck des Augapfels gegen die Augenhöhle, welchen ihre gemeinschaftliche Anziehung bewirkt, erzeugt wird. MÜLLER[1] erklärt sich auf gleiche Weise gegen TREVIRANUS, als auch gegen POUILLET. Nach der Hypothese des Letzteren[2] besteht die Krystalllinse nicht aus concentrischen Lagen von gleicher Dichtigkeit, sondern aus solchen, die nach der Mitte hin kreisförmiger und dichter werden. Hiernach müssen die nahe bei der Axe einfallenden Strahlen stärker gebrochen werden, und da sich beim Sehen naher Gegenstände die Pupille mehr zusammenzieht, beim Sehen entfernter Objecte aber erweitert, im ersten Falle also nur die nahe bei der Axe einfallenden Strahlen zur Erzeugung der Bilder dienen, im letzten aber zugleich auch die davon entfernteren, so wird hierdurch eine eigene Accommodation überflüssig. Es ist indess nach dem Vorhergehenden unnöthig, diese an sich auch unzulässige Hypothese zu widerlegen, da für entfernte Gegenstände die nahe bei der Axe einfallenden Strahlen nicht fehlen, mithin nur ein undeutliches Bild durch Vereinigung beider entstehen könnte. Dass die Veränderung der Pupille die Ursache der unzweifelhaft stattfindenden Accommodation nicht seyn könne, geht nach bekannten, von VOLKMANN wiederholten Versuchen daraus hervor, dass man von zwei in ungleicher Entfernung befindlichen Nadeln durch ein feines Loch in Kartenpapier die nähere und entferntere nach Willkür deutlich sehn kann. Gegen die von OLBERS aufgestellte Hypothese wendet MÜLLER ein, dass schwer vorstellbar sey, wie die geraden Muskeln das Auge zusammendrücken und die Augenaxe verlängern sollten. Durch ein Zurückziehn des Bulbus und ein Drücken desselben gegen die Höhlung würde nur eine Verkürzung der Axe, also eine Accommodation des Auges für ferne Gegenstände, aber nicht die weit schwierigere

1 Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. Abth. II. S. 331. Zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipz. 1826. 8.

2 Élémens de Physique. 3me éd. T. II. p. 234.

für sehr nahe Gegenstände erklärt werden. Leichter würde es seyn, eine durch die schiefen Muskeln erzeugte Veränderung der Form des Augapfels anzunehmen, wie dieses Le Camus, Rohault und Schröder van der Kolk gethan haben, womit sehr gut übereinstimmt, dass beim Sehen naher Gegenstände die Augenaxen convergiren und hierbei die schiefen Muskeln wirken, worauf Luchtmans[1] aufmerksam gemacht hat. Inzwischen stimmen die Einwirkungen der ins Auge gebrachten Belladonna, die nicht bis zu den Augenmuskeln dringen kann und doch die Gesichtsweite ändert, hiermit nicht überein. Mit Recht bemerkt Müller, dass die verschiedenen Hypothesen zwar die Accommodation recht gut erklären, dass sich aber keine derselben eigentlich beweisen lasse, und er glaubt daher auf den mehr übersehenen Zusammenhang zwischen der Stellung der Augenaxen und der Accommodation, die sich einander bedingen, aufmerksam machen zu müssen. Die Erweiterungen und Verengerungen der Iris hängen hiermit zwar gleichfalls sehr genau zusammen, und obgleich das Corpus Ciliare mit dem äussern Umfange der hinteren Fläche der Iris verwachsen ist und die letztere daher mittelst des ersteren auf die Stellung der Linse wirken könnte, so streitet doch hiergegen der Umstand, dass veränderte Lichtstärke eine Veränderung der Pupille erzeugt, während der Gegenstand unverändert deutlich gesehn wird. Krause[2] bemerkt, man habe die Veränderungen der Centralfalte, die gerade in der Verlängerung der Augenaxe liegt und worauf die Muskeln einen bedeutenden Einfluss ausüben können, in Beziehung auf die Accommodation des Auges nicht genug berücksichtigt. Nach Forbes[3] empfindet man eine bedeutende Anstrengung der Augenmuskeln, wenn man in grössere Entfernung sehend das Auge schnell auf einen nahen Gegenstand heftet. Diesemnach glaubt er, die in ihrer Mitte dichtere Linse nehme durch den Druck der sie einschliessenden Flüssigkeiten eine mehr kugelförmige Gestalt an und erhalte dadurch eine kürzere Brennweite. Versuche, die er mit der Linse eines Ochsenauges anstellte, indem er das

1 De mutatione axis oculi secundum diversam distantiam objecti. Traj. ad Rhen. 1832.
2 Poggendorff Ann. Bd. XXXIX. S. 534.
3 Compt. rend. T. XIX. p. 1312.

sie umgebende Wasser comprimirte, führten wegen unüberwindlicher Schwierigkeiten zu keinem genügenden Resultate, indess dürfte die Hypothese überhaupt schwerlich Beifall finden. Nach allem diesen kann die Aufgabe noch nicht als vollkommen gelöst gelten und erwartet weitere Aufklärungen durch die Bemühungen der Physiologen.

In Beziehung auf die Chromasie des Auges, worüber unter Mehreren auch COMPARETTI[1] und TOURTUAL[2] gehandelt haben, führt MÜLLER[3] folgende von ihm gemachte Erfahrungen an. Wenn man eine weisse Scheibe auf schwarzem Grunde mit einem Auge betrachtet, welches auf das Sehen eines näheren oder ferneren Gegenstandes eingerichtet ist, oder wenn man sie mit beiden Augen, deren Axen sich in einem näheren oder ferneren Puncte schneiden, ansieht, so gewahrt man farbige Ränder. Zu der im Wörterbuche gegebenen Erklärung des Geradesehens der Objecte bei verkehrten Bildern im Auge, welcher VOLKMANN unbedingt beitritt und worüber unter Andern auch BERTHOLD[4] und BARTELS[5] Untersuchungen angestellt haben, glaube ich nichts weiter hinzusetzen zu müssen. Ebendieses ist der Fall rücksichtlich der übrigen Erscheinungen des Sehens, worüber ich speciell auf HEERMANN[6], im Allgemeinen aber auf MÜLLER's ausführliche Darstellung in dessen mehr erwähnter Physiologie verweise. Nur Folgendes glaube ich hinzusetzen zu müssen. Eine Erscheinung, welche MÜLLER bloss bei der Betrachtung des Mondes wahrgenommen zu haben angiebt, ist eine allgemeine und dürfte sich mit wenigen Ausnahmen bei allen Menschen zeigen. Wenn man das eine Auge mit einem undurchsichtigen Schirme (einem Kartenblatt) bedeckt, das offene Auge auf ein vorher nicht absichtlich beobachtetes Object richtet und dann schnell den Schirm wegzieht, so erscheint ein minder deutliches Doppelbild des gesehenen Gegenstandes, welches sofort mit dem ersten zusammenfällt,

---

1 Observationes dioptricae et anatomicae de coloribus apparentibus visu et oculo. Patav. 1798. 4.

2 Meckel's Archiv für Physiol. 1830.

3 Handbuch der Physiol. Bd. II. Abth. II. S. 348.

4 Ueber das Aufrechterscheinen der Gesichtsobjecte. Gött. 1830.

5 Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Berl. 1834.

6 Ueber die Bildung der Gesichtsvorstellungen aus den Gesichtsempfindungen. Hann. 1835.

Hieraus folgt unwidersprechlich zuerst, dass jedes Auge ein besonderes Bild erhält und wir die Gegenstände nur deswegen als einfach erkennen, weil sie ungeachtet der durch Gewohnheit ausgeglichenen mindestens oft vorhandenen Individualitäten beider Augen in allen Stücken identisch erscheinen, womit die Vorstellung eines doppelten Objectes unvereinbar ist; zweitens dass eine Accommodation jedes Auges für sich stattfindet, denn das Nebenbild ist, besonders bei entfernteren Gegenständen, allezeit undeutlicher, als das anfangs gesehene; drittens dass der Ort, wohin wir den gesehenen Gegenstand setzen, allezeit durch die Richtung der Augenaxen in Gemässheit einer durch Gewohnheit erlangten Fertigkeit bedingt wird. Hieraus lassen sich dann leicht die verschiedenen Erscheinungen des Einfach- und Doppelsehens bei übrigens gesunden Augen erklären.

Eine ausführliche Abhandlung über die Functionen des Auges hat Wheatstone[1] geliefert, die sich hauptsächlich auf die Uebereinstimmung der gesehenen Gegenstände und der erzeugten Bilder bezieht und auf die ich daher hier nur verweise. Weitere Untersuchungen über die Dauer des Lichteindrucks im Auge hat Plateau[2] bekannt gemacht.

Ueber eine eigenthümliche Art von Pseudoblepsis, das Sehen der Lichtstrahlen, welche nach oben und unten von einer Kerzenflamme ausfahrend gesehn werden, ist (Bd. V. S. 1431) die von Vieth gegebene Erklärung mitgetheilt worden. Unterdessen stellte Mousson[3] gegründete Zweifel hiergegen auf und leitete das Phänomen vollständig aus einer Brechung der Lichtstrahlen (der Kerzenflamme) in der prismatisch sich zwischen dem Augenliede und der Cornea ansammelnden Feuchtigkeit ab, wonach also diese Erscheinung eine dioptrische und nicht eine katoptrische ist. Poggendorff bemerkt hierbei, dass Schwerd die nämliche Erklärung schon im Jahre vorher der Versammlung der Naturforscher zu Bonn vortrug, wo ich sie gleichfalls gehört habe.

Zu den (Bd. IV. S. 1432. Bd. VIII. S. 763) angegebenen Beobachtungen der Achrupsie sind noch einige wegen ihrer Genauigkeit schätzbare hinzugekommenn, welche A. Seebeck[4]

1 Philos. Trans. 1838. P. II. p. 371. Poggendorff Ann. Erg. H. S. 1.
2 Bulletin de la Soc. Roy. de Brux. 1835. T. II. p. 52. 84.
3 Poggendorff Ann. Bd. XXXIX. S. 244.
4 Ebend. Ann. Bd. XLII. S. 177.

an dreizehn Individuen anstellte. Vorläufig bemerkt derselbe, dass der Fehler häufiger ist, als man glaubt, da er sehr leicht unbeachtet bleibt, wenn im geringeren Grade vorhanden, und dass er sich öfter bei blauen Augen, als bei braunen zeigt, vielleicht deswegen, weil jene in nördlichern Gegenden die gewöhnlichern sind. Ausserdem giebt es einen Unterschied bei den mit diesem Fehler behafteten Individuen, sofern nicht alle auf gleiche Weise die nämlichen Farben und im gleichen Grade verwechseln. In der Hauptsache bediente sich SEEBECK der zweckmässigen Methode, verschiedenfarbige Papiere, deren er sich gegen 300 Stücke mit den verschiedensten Uebergängen verschafft hatte, von den Personen nach den Farben ordnen zu lassen. Als allgemeine Resultate gehn aus diesen umständlich beschriebenen belehrenden Versuchen folgende hervor. Die Personen männlichen Geschlechts haben im Ganzen ein ungleiches Vermögen, die verschiedenen einfachen und gemischten Farben genau von einander zu unterscheiden; zugleich aber kommen einzelne vor, welche in höherem oder geringerem Grade gewisse ungleiche Farben gar nicht zu unterscheiden vermögen und mit einander verwechseln. Ausser dem Grade der Stärke dieser Verwechslung giebt es hinsichtlich der Art derselben zwei Classen. Zur ersten gehören diejenigen, welche neben einem mangelhaften Sinne für den specifischen Eindruck aller Farben überhaupt das Roth und das complementäre Grün von Grau wenig oder gar nicht unterscheiden, demnächst Blau unvollkommen erkennen, am deutlichsten Gelb wahrnehmen, jedoch weniger vom Weiss unterscheiden, als beim normalen Auge der Fall ist. Sie verwechseln helles Orange und reines Gelb; gesättigtes Orange, helles gelblich- oder bräunlich Grün und Gelbbraun; reines Hellgrün, Graubraune und Fleischfarb; Rosenroth, Grün und Grau, Carmoisin, Dunkelgrün und Haarbraun; Bläulichgrün und unreines Violett; Lila und Blaugrau; Himmelblau, Graublau und Graulila. Zur zweiten (nach diesen und andern Beobachtungen minder zahlreichen) Classe gehören diejenigen, welche Gelb gleichfalls am besten erkennen, Roth etwas besser, Blau etwas weniger vom Farblosen, Roth aber von Blau viel unvollkommener unterscheiden. Sie verwechseln Hellorange, Grünlichgelb, Bräunlichgelb und reines Gelb; lebhaft Orange, Gelbbraun und Grasgrün; Ziegelroth, Rostbraun und Dunkelolivengrün; Zinnoberroth und Dunkel-

braun; Dunkelcarminroth und Schwärzlichblaugrün; Fleischroth, Graubraun und Bläulichgrün; mattes Bläulichgrün und Grau; Rosenroth, Lila, Himmelblau und Grau; Carmoisin und Violett; Dunkelviolett und Dunkelblau, und haben also, was bei der ersten Classe nicht der Fall ist, nur eine geschwächte Empfindung von den wenigst brechbaren Strahlen[1]. Da in der Dämmerung die minder brechbaren Strahlen am ersten verschwinden, so muss dann der Zustand der ersten Classe in den der zweiten übergehn, was die Erfahrung bestätigte.

SEEBECK bemerkt, es sey immer möglich, dass gewisse Individuen auch das Gelb vom Farblosen nicht zu unterscheiden vermöchten, allein alle bekannt gewordenen Fälle gehören unter eine der angegebenen Classen, wie dieses auch offenbar aus der Betrachtung der bereits im Wörterbuche mitgetheilten hervorgeht, denen er noch einige weitere hinzufügt. Dahin gehört ausserdem, was Dr. SOMMER[2] von sich und einigen Andern anführt; ferner, dass Dr. UNZER[3] und TROUGHTON[4] Blau nicht von Grün unterschieden, und das Beispiel des Mannes, wovon HELLING[5] erzählt, welchem Hellblau, Grün und Roth gleich zu seyn schienen. JOHN HERSCHEL[6] stellte eigene Untersuchungen mit einem Manne an, fand, dass dieser nur Blau und Gelb erkannte, und folgert hieraus, dass alle prismatische Strahlen das Auge afficiren, mithin der Fehler nicht von einer Unempfindlichkeit der Retina gegen Strahlen von gewisser Brechbarkeit, noch von einer färbenden Materie in einer der Flüssigkeiten des Auges herrühren kann, sondern von einem Mangel im Sensorium abzuleiten ist, wodurch das Auge unfähig wird, diejenigen Verschiedenheiten der Strahlen aufzufassen, von denen die Verschiedenheit der Farbe abhängt. Es scheint, als ob von ihnen der Eindruck aller stärker brechbaren Strahlen durch Blau, aller minder brechbaren durch Gelb

---

1 Allen an diesem Fehler leidenden Personen fehlt, wie ich bereits bemerkt habe, die Empfindung des Roth, und statt dessen findet nur der Eindruck eines Schmutzes, also gleich dem des mangelnden weissen Lichtes, wie bei der Beleuchtung durch die monochromatische Lampe, statt, wozu dann bei denen, die SEEBECK zur ersten Classe rechnet, noch der Mangel der Empfindung des complementären Grün kommt.

2 Gräfe und Walther Journ. für Chirurgie. Bd. V.

3 GALL Anat. et Phys. du Syst. nerveux. T. IV. p. 98.

4 BREWSTER's Briefe über natürliche Magie. S. 44.

5 Pract. Handbuch der Augenkrankheiten. Bd. I. S. 1.

6 Light. §. 507. 508. Encyclop. metrop. T. II. p. 434.

bezeichnet würde. Ich möchte eine ähnliche Erklärung annehmen, wonach das Auge überhaupt nur für den stärkeren Lichtreiz des Gelb empfänglich wäre und demnach jeder schwächere durch Blau bezeichnet würde, beide mit einigen Abstufungen, die dann die Verwechslungen der gemischten Farben zur Folge haben. SEEBECK meint, ein eigentliches Unvermögen des Auges, durch die weniger brechbaren Strahlen afficirt zu werden, stimme mit der Erfahrung nicht überein, vielmehr möge der Mangel des Vermögens, durch die verschiedenen Farben afficirt zu werden, in steigendem Grade bei vielen Personen unbemerkt vorhanden seyn, bis er einen solchen Grad erreiche, wie in den beobachteten Fällen.

SEEBECK hatte noch Gelegenheit, einen Fall von Achrupsie bei einer Dame zu beobachten, der um so merkwürdiger ist, da sie sich beim weiblichen Geschlechte fast nie findet, indem ihm nur ein einziger Fall dieser Art [1] und ein zweifelhafter [2] bekannt wurde, was mit der Ansicht GALL's übereinstimmt, dass der Farbensinn beim weiblichen Geschlechte mehr ausgebildet sey. Bei der Untersuchung mit den farbigen Papieren unterschied die Dame reine und lebhafte Farben stets richtig und selbst in ihren Abstufungen, verwechselte aber blasse und unreine, z. B. blasses Orange mit Schwefelgelb; lebhaftes Orange mit Braungelb; mattes Bläulichgrün und blasses Grünlichblau mit Grau; blasses Rosenroth mit sehr hellem Grau; Bräunlichgrün mit Braun; Lila mit Himmelblau und Blaugrau. Lebhaftes Roth und Grün unterschied sie vollständig, Rosa und Apfelgrün minder leicht.

Noch möge hier bemerkt werden, dass PURKINJE [3] im Ganzen viererlei Arten der Achrupsie unterscheidet, nämlich Achromatopsie und Chromatodysopsie, die sich auf die Stärke des Gesichtsfehlers beziehen, dann Akyanoblepsie und Anerythroblepsie. Gänzliche Achromatopsie dürfte wohl nicht existiren, und ebenso zweifle ich, dass es Fälle eigentlicher Akyanoblepsie giebt, doch ist diese Bezeichnung von GÖTHE für diejenigen eingeführt, die statt Blau Rosenroth sehen sollen. Ueber die Achrupsie im Allgemeinen, von ihm Daltonis-

1 Philos. Trans. T. LXVIII.
2 Medico-chirurg. Trans. of London. T. IX.
3 Encyclop. Wörterb. der med. Wiss. Bd. I. S. 259.

mus genannt, handelt E. WARTMANN[1] und findet deren Ursache in einem Mangel des Sensoriums. BREWSTER[2] dagegen, welcher die Bezeichnung Daltonismus, die von WHEWELL gebrauchte Idioptsie, die von SOMMER und SZOKALSPI vorgeschlagene Chromatopseudopsie und vor allen Chromatometablepsie verwirft, findet die Ursache in einer blauen Färbung der Glasfeuchtigkeit oder der Retina.

Endlich verdienen hiernach diejenigen Erweiterungen erwähnt zu werden, welche die Lehre von den subjectiven Farben durch die Untersuchungen von FECHNER[3] erhalten hat, wovon bereits oben (Art. **Schatten**) die Rede war. Da die Untersuchungen hauptsächlich dienen, um zu zeigen, dass die neuesten Bemühungen das Problem nicht eben weiter gefördert haben, die so auf verschiedene Weise erzeugten Farben vielmehr nach der früheren Ansicht und Erklärungsweise subjective sind, so wird eine kurze Uebersicht hier genügen. Zuerst widerlegt er die von OSANN[4] ausgesprochene Folgerung, dass die durch den Contrast erzeugten Farben objectives Licht enthalten. Die zum Beweise dieses Satzes erwähnten Versuche wiederholte FECHNER theils genau auf die im Wörterbuche angegebene Weise, theils mit Benutzung der (s. **Schatten**) beschriebenen Vorrichtung der zwei Oeffnungen im dunkeln Zimmer, die ihm überhaupt zur richtigeren Einsicht in das Wesen der subjectiven Farben von der grössten Wichtigkeit war. Der Hauptbeweis, worauf OSANN, PLATEAU[5] und LEHOT[6] ihren Einwurf gegen die gangbare Erklärung der subjectiven Farben gründen, ist aus der Erscheinung entnommen, dass das Auge, nachdem es lange einen rothen Gegenstand betrachtet hat, auf schwarzem Grunde ein grünes Bild sieht. Inzwischen widerlegt FECHNER diesen genügend dadurch, dass auch vom tiefsten Schwarz weisses Licht reflectirt wird. Besser als durch alle von ihm angegebenen Thatsachen überzeugt man sich hiervon durch folgenden einfachen Versuch. Wenn man das eine Ende einer etwa 1

1 Mémoire sur le Daltonisme etc. Genève 1844.
2 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. CLXIV. T. XXV. p. 134.
3 Poggendorff Ann. Bd. XLIV. S. 221. 513. Bd. L. S. 193. 427.
4 Ebend. Bd. XXVII. S. 694. Bd. XXXVII. S. 287. Bd. XLII. S. 72.
5 Essai d'une Théorie générale comprenant l'Ensemble des apparences visuelles etc. Brux. 1834. 4.
6 Ann. des Sciences d'Observ. par Saigey et Raspail. T. III. p. 3.

Zoll im Durchmesser haltenden, inwendig schwarzen Papprühre mit einer klaren Glasscheibe bedeckt, auf die Mitte der letzteren eine undurchsichtige Platte klebt, so dass nur ein schmaler Ring frei bleibt, dann die Glasscheibe mit einer etwas grossen möglichst geschwärzten und nicht glänzenden Fläche auf weissem Papiere bedeckt, das Auge aber mit dem offenen Ende der Röhre zum Ausschliessen alles Lichtes ganz umgiebt und dann die schwarze Fläche etwas entfernt, um seitwärts Licht auffallen zu lassen, so erblickt man ein sehr vollständiges Weiss, und das Schwarz kommt erst zum Vorschein, wenn man den Rand des Fleckes und das weisse Papier zugleich sieht. PLATEAU macht ferner geltend, dass nach dem Anblick eines gefärbten Gegenstandes ein Nachbild mit der complementären Farbe im völlig verschlossenen Auge erscheint. Wegen dieses unabweislichen Argumentes nähert sich FECHNER der durch PLATEAU aufgestellten Hypothese, indem er sagt: „Die Retina wird an den Stellen, wo sie eine Zeit lang einen gewissen Farbeneindruck erfahren oder eine gewisse Farbenreaction geäussert hat, für einige Zeit nachher unfähiger, auf das Ursächliche dieser Farben zu reagiren, dagegen desto fähiger, diejenigen Farbenreactionen zu äussern, hinsichtlich deren sie unthätig war und ausgeruhet hat, sey übrigens das Ursächliche, was das Auge zur Farbe anregen will, in oder ausser dem Auge." Hiermit ist übrigens die von PLATEAU behauptete Selbstthätigkeit oder Reaction zugestanden; es scheint mir indess dieses Problem noch einer näheren Betrachtung werth. Selbstthätigkeit der Retina hinsichtlich der Licht- und Farbenerzeugungen ist unwidersprechlich, handelt es sich aber um die selbstständige Erzeugung der complementären Farben, so wird die Aufgabe auf jeden Fall sehr verwickelt. Nach dem Anblick der untergehenden Sonne, des Drummond'schen Lichtes und sonstiger stark leuchtender Gegenstände sieht man sicher in den meisten Fällen nicht complementäre Farben, sondern ein rothes Lichtbild, oder rothe Pünctchen in einem dunkeln oder erhellten Kreise. Ob nach so intensivem Lichteindrucke in völliger Dunkelheit ein Nachbild mit complementärer Farbe erzeugt werde, weiss ich nicht aus eigener Erfahrung, es wird aber durch PLATEAU und FECHNER behauptet; sicher ist es aber nicht alle Zeit der Fall, und bei den Versuchen müsste wohl sorgfältig beachtet werden, ob die Dunkelheit in der That vollständig sey,

da die Augenlieder durchscheinend sind und das sehr gereizte Auge geringere Lichteindrücke nicht wahrnimmt, die aber dennoch bei der Erzeugung der complementär gefärbten Nachbilder mitwirkend seyn könnten. Findet die letztere Beschränkung nicht statt, so kann für farbige Nachbilder bei Abwesenheit alles äusseren Lichtes nur die Erklärung FECHNER's gelten, und die innere Selbstthätigkeit des Auges muss auch bei den farbigen Nachbildern, die bei Anwesenheit des Lichtes erzeugt werden, wirksam seyn. Wird dieses berücksichtigt, und zugleich der Umstand, dass das künstlich gefärbte Licht allezeit mit mehr oder weniger weissem gemischt ist, so werden die zahlreichen interessanten Erscheinungen, welche FECHNER und PLATEAU wahrgenommen haben, leicht erklärlich. Uebrigens muss bei FECHNER's Versuchen die ungewöhnliche Empfindlichkeit seiner Sinne berücksichtigt werden. Er erzählt von sich, dass nach zweistündigen Beobachtungen am Magnetometer jederzeit bis 24 Stunden die Scala selbst mit (wenn gleich undeutlichen) Zahlen vor seinen Augen erscheint, wenn er sie schliesst oder gegen einen dunkeln Ort richtet, und selbst der Faden scheint sich zu bewegen, obgleich er, wenn es blosse Nachempfindung, wie bei der geschwungenen Kohle, wäre, im ganzen Raume gesehen werden müsste. Es scheint mir hierin ein Beweis zu liegen, dass bei manchen Nachempfindungen des Gesichts das Psychische nicht ganz ausgeschlossen bleibt, und auf jeden Fall ist eine Nachwirkung der Nerven nicht zu bezweifeln, wofür auch der Umstand entscheidet, dass FECHNER auf gleiche Weise bei völliger Stille ebenso lange Zeit das Schlagen des Pendels zu hören glaubt.

PLATEAU gründet einen Theil seiner Theorie über die Entstehung der Nachbilder auf die Erscheinungen der Irradiation, die er in einer gelehrten Abhandlung (s. **Irradiation**) sehr vollständig untersucht hat, worin er darzuthun sucht, dass jeder die Retina treffende Lichteindruck bis zu einer gewissen Grenze peripherisch um sich wirke und also die Lichtempfindung sich undulatorisch über einen grösseren Kreis der Netzhaut verbreite, als welcher vom Lichte getroffen wird. Hiergegen äussert FECHNER die Bedenken, dass hierbei die Lichtausbreitung in Folge einer Entfernung der Objecte von der deutlichsten Sehweite nicht berücksichtigt sey, dass ferner in sehr empfindlichen Augen Lichtausbreitungen von gesehenen

stark leuchtenden Gegenständen entstehen und dass der Einfluss der Aberration für ungleiche Entfernungen noch nicht genügend ermittelt ist. Uebrigens hat FECHNER die Nachbilder mit ihren zahllosen Modificationen sehr genau untersucht, wozu seine sehr empfindlichen Augen sich ausnehmend eigneten, woraus denn im Ganzen hervorgeht, dass mit Rücksicht auf die Dauer der Einwirkung weisser oder farbiger Lichtstrahlen auf die Retina, wodurch der Effect bedeutend verstärkt wird, ein Zustand der Unempfindlichkeit gegen die am meisten reizenden farbigen Strahlen eintritt und daher die complementären Farben zum Vorschein kommen müssen.

Eine Hauptfrage bei dieser Aufgabe ist, ob der complementäre Einfluss im Auge dem primären succedire, wie PLATEAU meint, oder mit ihm gleichzeitig stattfinde. Für die letztere Ansicht entscheidet FECHNER aus dem Grunde, weil der primäre Eindruck schon während seiner Dauer schwächer wird und nach einem starken Farbeneindrucke, wenn man die Sonne durch gefärbte Gläser betrachtet, keineswegs ein starkes complementäres farbiges Nachbild im geschlossenen Auge sofort zum Vorschein kommt, wie man erwarten sollte, sondern das primäre allmälig erlöscht und mit ihm zugleich das secundäre. Das Argument ist allerdings gewichtig, dient aber keineswegs dazu, die Erklärung zu erleichtern; inzwischen könnte man sagen, dass gerade bei sehr heftigen Eindrücken die Retina durch Ueberreiz die Kraft, secundäre complementäre Farbenbilder hervorzubringen, verloren habe und sich nur allmälig von diesem Ueberreize wieder erhole, statt dass die secundären complementären Nachbilder nur nach mässig starken Farbeneindrücken am deutlichsten zum Vorschein kommen. Inwiefern die Dauer des Eindrucks bei verschiedenen Farben verschieden ist, darüber geben die bisherigen Versuche noch keine genügende Auskunft; es liesse sich dieses am besten durch die Betrachtung des Spectrums auf weissem Grunde und nachheriges Schliessen der Augen auffinden, allein hierbei ist der Lichteindruck zu schwach, es erscheint sofort ein sehr bald undeutlich werdendes Nachbild und das durch andere Mittel erzeugte farbige Licht ist hierfür nicht rein genug. Versuche über die Entstehung farbiger Schatten brachten FECHNER zu der Ueberzeugung, dass die Unempfindlichkeit gegen gewisse Farben nicht hinreiche, um die Färbung dieser Schatten zu erklären, weil dann nicht

abzusehen sey, warum sich die Erscheinung mit der Zeit umkehre, wie nicht minder, dass man kleine Schrift in einem Schatten noch aus derselben Entfernung lesen könne, wenn derselbe durch Erzeugung eines objectivfarbigen Nachbarschattens subjectiv gefärbt ist, als wenn er, allein dastehend, grau erscheint.

Als ein wesentlicher Theil der Untersuchungen FECHNER's ist derjenige zu betrachten, welcher das sogenannte Abklingen der Farben oder diejenigen Nachbilder betrifft, die nach der Betrachtung selbstleuchtender oder stark beleuchteter weisser oder schwarzer Gegenstände entweder im geschlossenen Auge, oder beim Hinsehen auf weissen oder schwarzen, oder farbigen, durch zerstreutes Tagslicht beleuchteten, Grund im Auge wahrgenommen werden. Ueber diesen Gegenstand sind weniger Versuche bekannt geworden, als man erwarten sollte, doch lässt sich dieses leicht daraus erklären, dass die Erscheinungen dieser Art viel zu mannigfaltig und nach der Eigenthümlichkeit der Augen und ihrer jedesmaligen Beschaffenheit allzu veränderlich, ausserdem aber die Versuche für das Auge jedesmal zu angreifend sind, als dass viele sie anzustellen und die Resultate zu veröffentlichen geneigt seyn sollten. So habe ich selbst bei gelegentlichen Versuchen dieser Art Erscheinungen wahrgenommen, die ich hier nicht angegeben finde, und eben dieses würde auch bei Anderen der Fall seyn, wenn sie die angegebenen Methoden in Anwendung brächten, der Gefahr für die Augen nicht zu gedenken, die nach dem unglücklichen Erfolge bei dem seit jener Zeit des Gebrauchs seiner Augen beraubten wackeren Physiker nicht mehr zweifelhaft seyn kann. Um desto wichtiger sind die hier errungenen Resultate, die für eine genügende Theorie dieser Erscheinungen als unentbehrlich gelten können, wobei es indess immer noch zweifelhaft bleibt, ob die völlige Erledigung des schwierigen Problems dennoch nicht neue, hoffentlich aber geringere Aufopferungen erfordert; mindestens beabsichtigte FECHNER selbst, noch verschiedene Versuche abermals vorzunehmen, um über gewisse constante Erfolge zuverlässigere Thatsachen zu erhalten. Die Nachbilder durchlaufen gewisse Phasen der Form und der Färbung, und es ist vortheilhaft, starke Lichteindrücke zu wählen, weil dann auch die Nachbilder kräftiger hervortreten, unter denen die sogenannten Blendungsbilder am kenntlichsten sind, welche

alsdann entstehen, wenn die Sonne selbst bei milchigem Himmel und nicht zu tiefem Stande direct und momentan betrachtet wird, oder wenn man eine schwarze Scheibe auf eine Fensterscheibe geklebt und so im hellen Tageslichte, oder auf einen weissen Grunde im intensivsten Sonnenlichte betrachtet und dann die Augen schliesst. Mehr ins Einzelne einzugehen würde hier zu viel Raum erfordern, eine regelmässige, bei den verschiedenen Versuchen constante Reihenfolge der Formen und Farben der Nachbilder kann ich aber nicht herausfinden, um so weniger, als ausser der grösseren Reizbarkeit und individuellen Beschaffenheit der Augen des jedesmaligen Beobachters auch der Grund, auf welchem man zuerst das Object und nachher das Nachbild betrachtet, einen das Ganze noch verwickelter machenden Einfluss ausübt.

Zus. Neue Untersuchungen über DAVY's Sicherungslampen hat G. BISCOF[1] bekannt gemacht.

Zus. JOHN THOMAS WOODHOUSE[2] erklärt die Abkühlung des Bodens eines beim Sieden vom Feuer weggenommenen Theekessels mit Wasser aus einer Schicht Dampf, die sich unter dem Wasser bilden und expandiren soll, wodurch dann, wie beim Verdampfen, Wärme absorbirt werde. Inzwischen dürfte das Vorhandenseyn einer solchen Dampfschicht sich schwer erweisen lassen.

Zus. Ueber den von GAY-LUSSAC zuerst in Anregung gebrachten Einfluss der Gefässe auf die Temperatur des siedenden Wassers hat MARCET[3] beachtenswerthe Versuche angestellt, wonach er die Ursache in einer Adhäsion der Wassertheilchen an den Wandungen des Glases oder Metalles findet. Als er die innere Fläche eines gläsernen Ballons mit Schwefelblumen bestreut und diese zu kleinen Tröpfchen geschmolzen hatte, ging der Siedepunct des Wassers um $0^{0},15$ herab und durch einen dünnen Ueberzug von Gummilack um $0^{0},3$, selbst bei ei-

---

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. LX. p. 378.
2 Ebend. N. LXXII. p. 338.
3 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. V. p. 449. Compt. rend. T. XIV. p. 586. L'Institut. 10me Ann. 1842. N. 434. Mém. de la Soc. de Genève. T. X. Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 170. Bd. LVII. S. 218.

nem metallnen Gefässe durch den letzteren um etwa $0^0{,}2$. Aus einer Reihe von 10 Versuchen ergab sich ferner, dass in einem metallenen Gefässe die Hitze des Dampfes im Mittel um $0^0{,}16$ geringer ist, als die der obersten Wasserschicht, in einem Glasgefässe aber um $1^0{,}06$. In Kolben aus verschiedenen Glassorten betrug der Unterschied der Temperatur des Siedens im Maximum $0^0{,}85$; indess ging dieser Unterschied nach eingeschüttetem feinen Eisenfeilicht auf $0^0{,}23$ herab, wie denn auch die Anwesenheit solcher feinen Körperchen den Unterschied zwischen der Temperatur des Wassers und des Dampfes fast ganz verschwinden macht. Merkwürdig ist das Resultat, wonach die Temperatur des Dampfes der Salzsolutionen wenig von der der Flüssigkeiten verschieden gefunden wurde[1], denn sie betrug bei 25 p. C. Salzgehalt der Lösung in der Flüssigkeit im Glasgefässe 105^0, im Metallgefässe $104^0{,}45$ und die des Dampfes $104^0{,}5$ und $104^0{,}2$. In Glaskolben, in denen vorher Schwefelsäure gestanden hatte oder erhitzt war, obgleich nachher mit destillirtem Wasser vollständig gereinigt, siedete das Wasser erst bei 103^0 bis 104^0, auch liess sich seine Temperatur durch Regulirung der erhitzenden Weingeistflamme sogar bis 106^0 steigern, beim beginnenden Sieden ging aber die Temperatur um 1^0 bis 2^0 wieder herab und stieg bei eingeschüttetem Eisenfeilicht nie über 103^0; der Dampf hatte stets 100^0. Marcet setzt diese Erscheinung in Parallele mit dem Herabgehen der Temperatur des ruhig stehenden Wassers vor dem Gefrieren. Alkohol von 0,81 spec. Gew. liess sich in Kolben, worin Schwefelsäure gestanden hatte, bis $82^0{,}5$ erhitzen, durch Eisenfeilicht sank die Temperatur auf 79^0 herab, welche auch die des Dampfes war; in nicht präparirten Kolben siedete er bei $79^0{,}5$. In weissen und dickeren Glaskolben liegt der Siedepunct des Wassers etwas höher; dass er aber in neuem Glase stets niedriger liegt, als in solchem, welches vorher mit Schwefelsäure oder Kali präparirt war, soll von feinem Staube oder einem dünnen Ueberzuge herrühren, welcher stets an den Wan-

---

1 Nach meiner Ansicht bedarf diese Thatsache erst einer wiederholten genauen Prüfung, ehe sie als sicher bestehend in die Wissenschaft aufgenommen werden kann; denn ist einmal der von der Flüssigkeit getrennte Dampf nichts anderes als reiner Wasserdampf, so ist nicht wohl begreiflich, wie er, als solcher, eine andere Beschaffenheit haben sollte, als gewöhnlicher Wasserdampf.

dungen des neuen Glases hafte. Ob hierdurch das ganze Phänomen mit seinen verschiedenen Modificationen genügend erklärt sey, möge dahin gestellt bleiben; auf jeden Fall verdienen die hier nicht beachteten früheren Versuche RUDBERG's und auch die von L. GMELIN und mir angestellten berücksichtigt zu werden. Ohne allen Zweifel muss beim Sieden nicht bloss die Adhäsion des Wassers an der Fläche des Gefässes durch die gebildeten Dampfblasen aufgehoben werden, sondern auch die der Wassertheilchen unter sich, was schon aus der Wirkung des nicht zu Boden gesunkenen Eisenfeilichts hervorgeht.

Zus. Keine der früheren Sonnenfinsternisse wurde mit so allgemeiner Aufmerksamkeit beobachtet und gab so viele Gelegenheit zu interessanten Wahrnehmungen, namentlich des glänzenden Ringes um den Mond und zweier sich zeigender rother Flecke, als die totale am 6ten Juli 1842 [1].

---

1 Man findet eine Zusammenstellung der Hauptphänomene in Bibl. univ. de Genève. Nouv. Sér. N. 88. p. 353. Andere werden noch erwartet.

Zus. Reaumur fand, dass 90 Spinnenfäden einen gewöhnlichen Seidenfaden, 14000 einen Nähfaden geben. Nach Leeuwenhoek geben 18000 Spinnenfäden die Dicke eines Barthaares, von einer jungen Spinne aber würden vier Millionen dazu gehören, und dennoch trägt einer sechs Spinnen. Um ein Pfund Spinnengewebe zu erhalten, würden 700000 Spinnen erfordert werden.

Zus. Ein Künstler aus Wien, Namens Faber, hat eine Maschine verfertigt, welche nach dem Urtheile Poggendorff's [2] alle früheren bei weitem übertrifft. Sie hat einen dem menschlichen nachgebildeten Mund mit Lippen und Zunge von Kautschuck, eine Claviatur von 16 Tasten für die Vocale, Halbvocale und einige Consonanten, nebst zwei Hülfstasten für die übrigen Consonanten, deren eine die Nase, die andere die Stimmritze schliesst. Einzelne Buchstaben und ganze Worte werden vernehmlich, auch in verschiedenen Sprachen, gesprochen, und da die Höhe und Tiefe geändert werden kann, so gewährt dieses eine Annäherung zum Singen. Der eigentliche Mechanismus ist noch Geheimniss.

1 Dessen Ann. Bd. LVIII. S. 175.

Zus. Ein Beispiel vom Staube, welcher von der westafricanischen Küste bis in 20 Grade Entfernung über den atlantischen Ocean fortgeführt wurde und daselbst auf ein Schiff in Menge herabfiel, scheint unter die grossen Seltenheiten zu gehören[1].

1 Edinb. New Phil. Journ. N. LXIII. p. 134.

Zus. **Stereoskop** nennt WHEATSTONE[1] ein Instrument, welches bestimmt ist, solide Figuren darzustellen, und dessen er sich bei seinen Untersuchungen über die Functionen des Auges bediente.

Zus. Eine unglaubliche Menge von Sternschnuppen fielen in der Nacht vom 12ten zum 13ten Nov. 1799 aus allen Richtungen zu Philadelphia unter 25° n. B. bis zu 30° 42′ n. B.[2]. Nach den gehaltreichen Untersuchungen BESSEL's[3] ist wohl nicht mehr zweifelhaft, dass die Sternschnuppen, mindestens die grösseren, und die ihnen zugehörigen Meteorsteine aus dem Weltraume kommen.

---

1 Poggendorff Ann. Erg.-H. S. 9.

2 ANDREW ELLICOT in Amer. Philos. Trans. T. VI. p. 28. Ueber die von 1832 s. QUETELET in Corresp. astron. et phys. T. VII. p. 350. Letzterer theilt sehr belehrende Nachrichten mit über Sternschnuppen überhaupt und ihre periodische Wiederkehr um d. 10. Aug. in Mém. de l'Acad. de Brux. T. XV. Vergl. Bulletins. T. IX. N. 9.

3 Astronomische Nachrichten. 1839. N. 380.

---

1 Ausführlich wird darüber gehandelt in: Mémoire sur l'Egypte. Par. l'An VIII. T. I. p. 64.

2 Dessen Reise in Nubien. S. 265. 524.

T.

Zus. Der Erfinder dieser Erscheinung, Camelli[1], giebt davon eine nicht wohl verständliche Erklärung.

---

1 Giorn. accad. delle Scienze. T. XXXVII. p. 1.

Zus. Neuerdings hat man sich in Frankreich viele Mühe gegeben, nächtliche Telegraphen mittelst verschiedener Beleuchtung herzustellen. Die Vorschläge von Villallongue werden im Berichte der zur Prüfung ernannten Commission sehr empfohlen [1].

Für die elektrischen Telegraphen ist sehr viel geschehn, aber dennoch sind keineswegs die Schwierigkeiten

---

1 Compt. rend. T. XIV. N. 4. p. 147.

vollständig überwunden, welche der praktischen Ausführung entgegenstehn, wie einfach auch die Theorie immerhin seyn mag. Nach letzteren kommt nämlich das ganze Problem darauf hinaus, den elektrischen Strom durch vollkommene Leiter auf die erforderlichen Entfernungen hinzuführen und an der Station dessen magnetische oder elektrolytische oder physiologische Kraft zu benutzen, um in der Entfernung gehörige Zeichen zu geben. Bis jetzt hat man bloss die elektromagnetische Kraft des galvanischen Stromes benutzt, wie dieses durch Gauss und Schilling von Canstadt erfunden worden ist. Die von dem Ersteren vorgeschlagene Methode ist später durch Steinheil[1] in Anwendung gebracht worden, mit der Modification, dass nur ein in der Luft ausgespannter Draht zur Leitung des Stromes dient, die Zurückführung aber durch die Erde stattfindet. Vermöge eines sinnreich erdachten Mechanismus wird die Quelle des elektrischen Stromes mit dem Leitungsdrahte durch Claves, die man bloss niederdrückt, in Verbindung gesetzt, der Strom durchläuft dann nach der einen oder nach der entgegengesetzten Richtung die Leitung und setzt zwei Magnetstäbe in Bewegung, deren jeder in einem ihm zugehörigen Multiplicator eingeschlossen ist. Die Axen beider Magnetstäbe liegen in einer Linie und in derselben horizontalen Ebene, und sind der eine am Nordpole, der andere am Südpole mit einer Vorrichtung versehn, deren jede eine verschieden gefärbte Flüssigkeit enthält. Neben ihnen wird ein mit Papier überzogener Cylinder durch ein Uhrwerk um seine verticale Axe gedreht, und wenn dann z. B. das Nordende der Magnete westliche Abweichung erhält, so zeichnet der Mechanismus des einen Magnetes auf dem Papiere einen farbigen Punct, ist aber umgekehrt die Abweichung des Südendes westlich, so zeichnet der Mechanismus des zweiten Magnets einen anders gefärbten Punct; die Combination dieser Puncte gewährt die verlangten Buchstaben und Zahlen. Die längste, etwa vier französische Meilen betragende telegraphische Strecke hat Morse[2] ausgeführt, mit Beibehaltung der ursprünglich angewandten zwei Drähte, des einen für die Hinleitung, des andern für die Zurückleitung des elektrischen Stromes. Die grössten Verdienste um die Verbesserung und praktische Ausführung dieser

1 Ueber Telegraphen. München 1838. Compt. rend. 1838. p. 590.
2 Compt. rend. 1838. p. 595.

Telegraphen hat WHEATSTONE sich erworben, inzwischen hat er das Ganze noch nicht bekannt gemacht und ich kann daher nur eine allgemeine Beschreibung mittheilen, halte es auch nicht für angemessen, in das Einzelne des Technischen einzugehn, da bei einer ihrem Wesen nach so einfachen, für verschiedene Zwecke so nützlichen Aufgabe für einzelne gegebene Fälle und im Allgemeinen brauchbare Verbesserungen leicht aufgefunden werden.

Den durch GAUSS und SCHILLING aufgefundenen Hauptmethoden verdient als gleich wichtig die von WHEATSTONE sinnreich ausgesonnene und mehrfach, namentlich für Signale bei Eisenbahnen, ausgeführte angereiht zu werden. Der Mechanismus seines Telegraphen ist im Wesentlichen folgender. Im Ganzen werden fünf Leitungsdrähte erfordert, deren zwei jedoch für sich bestehn und an jeder der beiden Stationen mittelst des erzeugten Elektromagnetismus ein Zeichen geben, um den Anfang des Telegraphirens anzuzeigen, damit der Beobachter aufmerksam werde und durch Rücksenden des Zeichens andeute, dass er zum Beobachten bereit sey. Für die Arten dieser Zeichen bieten die eigenthümliche Anwendung und die Stärke des erzeugten Elektromagnetismus ein weites Feld, und dieses kann daher hier füglich übergangen werden. Bei einigen englischen Eisenbahnen schliesst die an einer Station abgehende Locomotive die Kette und der elektrische Strom setzt an der anderen Station einen Magnet in Bewegung, welcher im nämlichen Momente eine Glocke zum Auschlagen bringt. Der eigentliche Telegraph besteht aus zwei Apparaten, dem einen, womit die Zeichen gegeben, und dem andern, an welchem sie auf der entfernten Station wahrgenommen werden; beide sind durch drei Kupferdrähte mit einander verbunden. Der erste Apparat besteht aus einem Commutator, einer etwa 3 Zoll im Durchmesser haltenden, 5 Lin. dicken Scheibe A, welche von Messing verfertigt 12 eingelegte Stücke von Elfenbein, Glas, Holz oder einer sonst geeigneten isolirenden Substanz hat und durch eine messingne Säule P getragen wird. Dieser gegenüber befindet sich eine kleinere, ihr parallele und fest damit verbundene, auf deren Umfang 24 Stäbe befestigt sind, deren jeder einem Buchstaben zugehört, und da es deren bei Weglassung des X und Y nur 23 giebt, so ist das Stäbchen der 24sten Abtheilung zur Unterscheidung

Fig. 51.

schwarz und bezeichnet den Nullpunct des Alphabets. Die messingne Säule P giebt eine Verbindung mit einem Drahte $\alpha\beta$, welcher den zurückkehrenden Strom zum einen Pole der galvanischen Säule leitet. Auf dem Fussbrete m n sind ausserdem zwei federnde Messingstreifen p und q befestigt, welche gegen den äusseren Rand der Scheibe A drücken und so gestellt sind, dass stets die eine den messingnen, die andere den isolirenden Theil berührt; beide sind mit dem andern Pole der Säule verbunden. Hieraus wird klar, dass der Strom abwechselnd durch den Draht a und die messingne Scheibe, alsdann durch den gemeinschaftlichen Draht $\alpha\beta$ von einem Pole zum andern geht, oder wenn durch Umdrehung der Scheibe p auf die isolirende Stelle, q aber auf das Messing geglitten ist, durch den Draht b und die Scheibe, alsdann durch den gemeinschaftlichen Draht $\alpha\beta$ zum andern Pole gelangt.

Die auf diese Weise von der telegraphirenden Station ausgehenden Drähte werden isolirt zu der Beobachtungsstation fortgeführt und mit dem zweiten Apparate verbunden. Dieser besteht auf seiner, in der Zeichnung allein dargestellten Rückseite aus zwei kleinen Elektromagneten A und B, welche abwechselnd elektromagnetisch werden, der eine A, wenn der Strom durch den Draht a der ersten und zweiten Figur geleitet die Windungen dieses Elektromagnetes durchläuft und durch den gemeinschaftlichen Draht $\alpha\beta$ zum andern Pole zurückkehrt, und ebenso der andere Elektromagnet B, wenn die Leitung durch den Draht b und den gemeinschaftlichen $\alpha\beta$ hergestellt ist. Ueber jedem Elektromagnete ruht, seinen Schenkelflächen parallel, eine Eisenlamelle n und m, welche in den verlängerten Draht p und q auslaufen, am anderen Ende l und h aber in feinen Scharnieren beweglich sind. Zwischen beiden Elektromagneten befindet sich das mit 12 schrägen Zähnen versehene Rad C, über welchem die in c drehbare Gabel so herabhängt, dass die auf den Enden der Schenkel befestigten Stifte f und g gegen die schrägen Flächen der Radzähne drücken und das Rad um seine Axe drehn, sobald die eisernen Lamellen m und n von den Schenkeln der Elektromagnete angezogen werden, die an diesen Ankern befestigten Drähte p und q gegen die auf den Schenkeln fc und gc stehenden Stifte r und s drücken und diese seitwärts gegen die Zähne des Rades bewegen. Das Rad C hat auf sei-

Fig. 52.

ner, hinter dem gezeichneten Apparat durchgehenden, Axe einen gleichmässig balancirten Zeiger, welcher zugleich vor einem mit den 23 Buchstaben und dem schwarzen Felde bezeichneten Zifferblatte steht und jederzeit um einen Buchstaben weiter rückt, sobald einer der Anker m oder n durch die Stäbe q oder p, die Stifte s oder r und die Gabelarme c f oder c g den Druck gegen einen Zahn des Rades ausübt und es um die Grösse eines halben Zahnes um seine Axe dreht. Da nun das Rad 12 Zähne hat, so muss der Zeiger bei 24 Wechseln der Anziehungen beider Elektromagnete über die 23 Buchstaben hinlaufen und wieder auf das schwarze Feld zurückkommen, wenn er von diesem ausgegangen war. Hiernach stellen also beide, der Telegraphirende und der Beobachter, jeder seinen Apparat, der erste auf den schwarzen Stab, der zweite auf das schwarze Feld. Beim Telegraphiren dreht dann der erste die Scheibe in der Reihenfolge der Buchstaben so weit herum, bis der dem verlangten Buchstaben zugehörige Stab an der Stelle des schwarzen, also vertical herabhängend, sich befindet, und da bei jedem Uebergange zum nächsten Buchstaben einer der Elektromagnete seinen Anker anzieht und dieser das Rad um einen halben Zahn fortschiebt, so wird der Zeiger die zugehörige Reihe der Buchstaben gleichfalls durchlaufen und auf dem verlangten stehn bleiben; dieser Buchstabe wird aufgezeichnet und so fortgefahren, bis das Wort zu Ende ist, worauf der Telegraphirende den schwarzen Stab wieder auf 0 stellt, der Zeiger dadurch auf das schwarze Feld gelangt und dann ein zweites Wort auf gleiche Weise beginnt.

Dieses ist im Wesentlichen der Mechanismus des Wheatstone'schen Telegraphen. Auf welche Weise durch eine eigene Vorrichtung die telegraphirten Buchstaben sogleich abgedruckt werden, ist mir nicht bekannt, auch giebt es noch mehrfache anderweitige Modificationen solcher Apparate, die grossentheils leicht aufzufinden sind, deren Beschreibung aber hier zu viel Raum erfordern würde [1].

Wie sehr auch das an sich so einfache Princip der elektrischen Telegraphie zur Herstellung elektrischer Telegraphen

---

1 S. Herberger's Zeitschrift für die technischen Gewerbe. Bd. I. Hft. 4. Magazine of Science. 1843. Hft. XI.

auf weite Strecken einladet, so steht der Ausführung doch ein schwer zu überwindendes Hinderniss entgegen, was schon durch SCHILLING VON CANSTADT und v. JACQUIN bei ihren Versuchen in Wien aufgefunden wurde und oben (Bd. IX. S. 125) erwähnt worden ist, nämlich die Nebenleitung, welche theils verhindert, dass der elektrische Strom wegen des wachsenden Leitungswiderstandes auf weite Strecken fortgeführt werden kann, theils bewirkt, dass sich an einigen Stellen langer Leitungen galvanische Wirkungen zeigen, ungeachtet die metallische Verbindung der Leiter aufgehoben ist. JACOBI [1] fand dieses bei dem Telegraphen bestätigt, bei welchem die einfache Drahtlänge 9030 engl. Fuss, die ganze also doppelt so viel betrug. Der hierzu gebrauchte Kupferdraht war von der Dicke, dass 3500 Fuss desselben 45 ℔ wogen, er war mit starkem Zwirn umsponnen, wurde dann in eine Mischung von geschmolzenem Wachs, Harz und Unschlitt getaucht, dann abermals übersponnen und mit eben der Mischung überstrichen. Beide Drähte lagen in gläsernen, 5 Fuss langen, 0,75 Z. weiten und angemessen dicken, an den Enden geschliffenen und mittelst Kautschuck verbundenen Röhren, welche überall 21 Zoll tief in die Erde eingesenkt waren. Die Vergleichung zweier Voltameter, deren einer dicht bei der Säule, der andere am äussersten Ende der ganzen Länge eingeschaltet wurde, zeigte, dass keine bedeutende Nebenleitung stattfand, die aber auf der ganzen Strecke gleichmässig vertheilt war, und zugleich erwies sich die Anwendung der Volta'schen Elektricität für das Telegraphiren weit vortheilhafter, als die von STEINHEIL gewählte Magnetoelektricität.

Sehr wichtig und ein bereits bekanntes Feld bedeutend erweiternd sind die von JACOBI angestellten Versuche über die Leitung des elektrischen Stromes durch Wasser, die auch namentlich in Beziehung auf das Telegraphiren Beachtung verdienen. Der elektrische Strom einer Batterie von 24 Grove'schen Bechern oder 150 Zink-Kupferplatten von 6 Z. Seite wurde bei Oranienbaum durch 5600 Fuss Kupferdraht von 0,75 Lin. Durchmesser hin- und eine gleich lange Strecke durch das Wasser des finnischen Meerbusens zurückgeleitet, indem am

---

1 Bullet. de l'Acad. Imp. de Petersb. T. I. p. 30. Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 409.

einen Ende der Station ein Zinkblech von 5 Quadratfuss Oberfläche in den Meerbusen, am andern eine gleich grosse Platte in einem mit dem Meere in Verbindung stehenden Kasten ins Wasser gesenkt war. In dieser Kette wurden Kohlen und dünner Platindraht, letzterer jedoch nur bei Anwendung der Grove'schen Säule, zum Glühen gebracht, und die Wirkungen schienen, ohne genaue Messungen, stärker zu seyn, als bei der Anwendung von zwei neben einander laufenden, auf die beschriebene Weise isolirten Drähten. Bei einem zweiten Versuche diente zur Leitung des elektrischen Stromes der eine Draht der oben beschriebenen Telegraphenlinie, die Zurückleitung aber geschah durch eine 5 Quadratfuss haltende Zinkplatte, welche in einen Gartenteich gesenkt war, dessen Wasser durch eine Schleuse mit der Fontanka in Verbindung steht, die sich in die Newa ergiesst, also von jener Platte aus durch das Wasser dieser beiden Flüsse und eine in den letzteren herabgelassene gleich grosse Zinkplatte. Die Vergleichung eines neben der Säule von 25 Daniell'schen Elementen eingeschalteten Voltameters und eines zweiten am Ende der ganzen Leitung befindlichen ergab nicht mehr, als etwa 3 Procent Verlust, und als das Zinkblech aus dem Wasser der Newa genommen, statt dessen aber die Leitung durch das eiserne Dach des unweit dieses Flusses liegenden Winterpalastes, dessen Blitzableiter in den feuchten Boden gesenkt sind, hergestellt war, ergab sich fast gar kein Verlust. Bei Vorrichtungen dieser Art scheint also der Leitungswiderstand kein bedeutendes Hinderniss in den Weg zu legen.

Auffallender, wiewohl vielleicht minder zuverlässig, sind die Resultate, welche Matteucci[1] aus seinen ausgedehnten Versuchen erhalten hat, indem er sich zum Messen des Stromes des von Nobili construirten und gebrauchten vergleichbaren Galvanometers bediente, zur Erregung des Stromes aber eines Bunsen'schen Kohlenelementes mit Zink ohne Thongefäss, indem das Metall bloss durch drei auf dasselbe gebundene Holzstückchen isolirt und statt der Säure Regenwasser angewandt wurde. Es standen ihm 7000 toscanische Ellen (= 0,58 Meter) Kupferdraht zu Gebote, wovon er die erforderlichen Längen über hölzerne Pfähle fortführte, von denen sie indess

1 Compt. rend. T. XVIII. p. 1032.

durch eine Lage Harz isolirt wurden. An jedem Ende der Drähte waren Eisenbleche von 3 Quadratmeter Flächeninhalt angelöthet, zuweilen auch Zinkbleche von geringerer Grösse. Als er zuerst beide Bleche in zwei 28 Ellen von einander abstehende Brunnen senkte, zeigte die Galvanometernadel auch ohne eingeschaltete Säule eine Abweichung von 4°, die zwar abnahm, aber nie ganz verschwand, und nach der einen oder der andern Seite gerichtet war, je nachdem die eine oder die andere Platte zuerst eingesenkt wurde. Bei den folgenden Versuchen wurde der Strom der Säule durch 360 Ellen Draht und die Erde zwischen zwei Brunnen von gleichem Abstande, ferner mittelst zweier 4885 Ellen von einander entfernter Brunnen geleitet, ohne dass die Erde irgend einen Widerstand leistete, ja der Widerstand des Drahtes wurde noch durch Einschaltung der langen Strecke der Erde vermindert, was nur insofern möglich seyn kann, als die Stärke des Stromes durch die beiden Platten in den Brunnen vergrössert werden konnte. Wurde die eine Scheibe aus dem Brunnen gezogen, so ging die Nadel sogleich auf 0 zurück, zeigte aber eine Abweichung, wenn man sie auf den Boden legte, und zwar eine stärkere, wenn der Boden feucht war. Ein gleiches Resultat, nämlich gänzlicher Mangel des Leitungswiderstandes, zeigte sich, als eine der Scheiben in einen Brunnen, die andere ins Meer, oder als beide ins Meer gesenkt wurden; auch zeigte sich kein merklicher Unterschied, als die Versuche zuerst in einer niedrig gelegenen, nachher in einer höheren Gegend auf einer Anhöhe angestellt wurden. Noch auffallender sind die Resultate der Versuche, die bei Gelegenheit der Naturforscher-Versammlung zu Mailand angestellt wurden[1]. Als die Leitung zuerst aus 12500 Meter Draht, dann aus 12500 Meter Draht und ebensoviel Erde, dann aber aus 25000 Meter Draht bestand, zeigte sich die Intensität der nämlichen Säule = 30:27:17.

Früher, als diese wichtigen Resultate bekannt waren, gab Vorsselman de Heer[2] der durch Wheatstone gewählten Leitung durch drei Drähte den Vorzug, auch scheint ihm für geübte Beobachter die Gaussische Methode des Telegraphirens,

---

1 Compt. rend. T. XIX. p. 845.

2 Poggendorff Ann. Bd. XLVI. S. 513.

zum praktischen Gebrauche aber die Wheatstone'sche die geeignetste, was übrigens GAUSS selbst bereits gegen Baron SCHILLING anerkannt hat, ungeachtet das von ihm angegebene Verfahren unter der genannten Bedingung nichts zu wünschen übrig lässt, wie jeder eingestehn muss, der sich durch den Augenschein von der Leichtigkeit und Sicherheit desselben überzeugt hat. VORSSELMAN bemerkt zugleich, dass die Hauptaufgabe, nämlich das Telegraphiren auf Strecken bis zu 100 franz. Meilen und darüber, noch immer nicht gelöst sey, indem die längste, durch MORSE ausgeführte Linie noch nicht über vier Lieues betrage. Welche die längste Strecke unter den neuerdings in Belgien und in England ausgeführten Telegraphenlinien sey, ist mir unbekannt, als sicher kann aber angenommen werden, dass die Nebenleitung, die durch das Einschliessen beider isolirter Drähte in eiserne Röhren noch vermehrt wird, als ein Haupthinderniss gelten müsse und daher die Mittel einer vollständigen Isolirung der unter der Erdoberfläche hinlaufenden Drähte aufzufinden als die wichtigste Aufgabe erscheine. In dieser Beziehung sind die eben erwähnten Versuche JACOBI'S sehr zu beachten, denn nach diesen würde das von VORSSELMAN aufgestellte Problem einer Telegraphenlinie von Paris bis Havre, im Bogen nahe 1° 40' oder, den Grad zu 15 geogr. Meilen gerechnet, 25 Meilen in gerader Richtung betragend, dadurch ausnehmend erleichtert werden, dass die Seine den rückgehenden Strom leiten könnte. Weil dieser berühmte Physiker durch eigens angestellte Versuche gefunden hatte, dass die physiologischen Wirkungen, namentlich des magnetoelektrischen Stromes, viel weiter, als die elektromagnetischen, sich fortleiten lassen, so construirte er einen Telegraphen mit 10 Leitungsdrähten, 5 hin- und ebensoviel zurückleitenden, deren jeder auf beiden Stationen mit einer in Quecksilber eintauchenden Taste verbunden war. Der Telegraphirende drückt dann die erforderlichen Tasten nieder und der Beobachter empfindet in den auf die Tasten gelegten Fingern die Erschütterung, deren Combinationen den Buchstaben und Zahlen zugehören. Diese Idee, deren Ausführung im Detail zu beschreiben mir überflüssig scheint, ist sehr sinnreich, indess ist die Vorrichtung ungleich complicirter und kostbarer, als die Wheatstone'sche, und hat daher, so viel mir bekannt, bisher noch keine weitere Anwendung gefunden.

Zus. Eine sehr ausführliche gelehrte Revision der optischen Gesetze, die bei der Construction der Fernröhre in Betrachtung kommen, ist durch SCHLEIERMACHER[1] begonnen, leider aber durch den Tod des Verfassers unterbrochen worden.

---

1 Analytische Optik. Darmst. 1842. 8. Th. I.

Zus. Beobachtungen über die mit der Tiefe zunehmende Wärme der Erdkruste werden beim Bohren artesischer Brunnen noch fortdauernd gemacht. Zu den wichtigsten gehören folgende. Aus den Messungen im Bohrloche zu Grenelle bei Paris bis 1436,1 Fuss tief; zu Neusalzwerk bei Minden bis 1434,8 F.; zu Nowe-Brzesko in Polen bis 1403,8 F.; zu Cessingen bei Luxemburg bis 1646,5 F. herabgehend, deren Resultate ziemlich genau unter sich übereinstimmen, folgert FORBES[1] eine Wärmezunahme von 1° C. für 13 Meter Zunahme der Tiefe. Die grösste, ohne Zweifel durch örtliche Ursachen bedingte Wärmezunahme hat Graf FR. v. MANDELSLOH[2] in einem bis 1186 würtemb. oder 1039,75 par. Fuss herabgehenden Bohrloche zu Neuffen unter 48° 33′ n. B., 7° 2′ östl. Länge von Paris und 1295 par. F. Meereshöhe mittelst eines Geothermometers nach MAGNUS gemessen. Hiernach kommen auf 1° C. Wärmezunahme nur 30,49 par. Fuss. Dieses giebt einen abermaligen Beweis für die ungleiche Wärme der Erdkruste, aus welcher ich die Kältepole und die mit ihnen zusammenfallenden Magnetpole abgeleitet habe. Die (Bd. IX. S. 332) erwähnten Bohrversuche zu Jakutzk durch den Kaufmann TSCHERGUINE sind seitdem noch weiter fortgesetzt worden. Man fand in 77 F. Tiefe — 5°,5 R.; in 119 F. — 4°; in 382 F. — 0°,5

1 Supplementary Report in Report of the Brit. Assoc. for 1840.
2 Neues Jahrbuch für Mineralogie u. s. w. von v. LEONHARD und BRONN. 1844. Hft. 4. S. 440.

Wärme, und es zeigt sich daher auch dort eine beträchtliche Wärmezunahme mit der Tiefe. Die genauesten Nachrichten über diesen merkwürdigen Schacht hat v. MIDDENDORFF[1] der Petersburger Akademie mitgetheilt. Dieser liess bei seiner Anwesenheit zu Jakutsk im Frühling 1844 eilf horizontale, 7 Fuss tiefe Seitenöffnungen in das eine Seiteneck des Schachtes mittelst der Anwendung der Meissel treiben, da das Bohren im gefrornen Boden unmöglich war, schob in jede Oeffnung ein Bret mit einem Thermometer am Ende und einem am Anfange des Bretes, verstopfte die Oeffnungen mit Filz und bedeckte den ganzen Schacht genau, um den Einfluss der äusseren Temperatur abzuschneiden. Am 24sten März und 1sten April alten Styls wurden die Thermometerhalter herausgezogen und die Thermometer abgelesen, wobei man folgende nur wenig von einander verschiedene Temperaturen erhielt:

Tiefe, engl. Fuss.	Temp. R.	Tiefe, engl. Fuss.	Temp. R.
382 — —	—2°,4	100 — —	— 5,45
350 — —	— 2,6	50 — —	— 6,40
300 — —	— 3,2	20 — —	— 8,80
250 — —	— 3,5	15 — —	—10,00
200 — —	— 4,0	7 — —	—14,45
150 — —	— 4,6		

Die Thermometer werden auch künftig von dem Sohne des seitdem verstorbenen Kaufmanns TSCHERGUINE in geeigneten Intervallen beobachtet werden. Interessante Resultate gaben die Beobachtungen eines Thermometers, welches MIDDENDORFF in einen nur 7 Fuss tiefen, etliche Faden von dem grossen Schachte entfernten kleinen Schacht herabsenkte. Nachdem es einige Tage in demselben gestanden hatte, wobei die Oeffnung des Schachtes durch Verstopfen gegen das Eindringen der äusseren Luft geschützt war, wurde es vom 10ten März bis 1sten April fast täglich beobachtet und zeigte ein regelmässiges Steigen von — 16°,6 bis — 13°,7 R. mit einer einzigen, nicht erklärten, vielleicht durch unrichtige Beobachtung erzeugten Ausnahme, indem am 23sten März —9°,6 abgelesen wurde, ungeachtet es am 22sten noch — 15°,1 und

1 Poggendorff Ann. Bd. LXII. S. 404.

am 23sten wieder — 14°,7 zeigte. Die äussere Temperatur war am 10ten März = — 11°,5 und stieg unregelmässig bis — 6° am 1sten April, indem sie während dieser Zeit bis — 3° am 16ten März stieg und bis — 19°,2 am 23sten herabging. Erman[1] leitet die hohe Kälte des Erdbodens jener Gegenden aus einem stärkeren Strahlungsvermögen ab, doch liesse sich wohl jede andere Hypothese leichter nachweisen, als der Grund auffinden, warum gerade dort eine so ungeheure Strahlung sich bis in solche Tiefe der Erde erstrecken sollte. Nach den Untersuchungen, welche die Akademie zu Petersburg[2] über jene merkwürdige Gegend angestellt hat, fehlen Brunnen überall am Aldan, ebenso zu Olekminsk und Witimsk an den Ufern der Lena; man findet sie aber wieder zu Kirensk und etwa 100 Werst weiter, also ungefähr unter 58° n. B. Hiernach und nach einigen Aussagen der Reisenden erstreckt sich der stets gefrorne Boden wahrscheinlich ohne Unterbrechung bis zum Jablonnoi Chrebet.

Von den Resultaten der noch fortdauernden Beobachtungen eingesenkter Thermometer erwähne ich nur folgende kurz zusammengestellte. Forbes[3] beobachtete folgende Veränderungen an seinen in ungleiche Tiefen eingesenkten Thermometern:

Tiefe	in Trapp	in Sand	in Kies
3 Fuss par.	10°,53 C.	11°,23 C.	9°,58 C.
6 — —	6,61 —	8,30 —	7,72 —
12 — —	3,05 —	4,19 —	5,22 —
24 — —	0,80 —	1,16 —	2,28 —

Die Epochen der Maxima waren:

Tiefe	in Trapp	in Sand	in Kies
3 Fuss par.	6. Aug.	31. Juli	5. Aug.
6 — —	2. Sept.	24. Aug.	19. Aug.
12 — —	17. Oct.	7. Oct.	11. Sept.
24 — —	8. Jan.	30. Dec.	11. Nov.

Die mittleren Temperaturen waren für die vier im Sande eingesenkten Thermometer 8°,069; 8°,151; 8°,289; 8°,480, woraus

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LXIX. p. 32.
2 Recueil des Actes etc. de St. Petersb. 1843. p. 75.
3 L'Institut. 7me Ann. N. 266. p. 35.

eine Zunahme von $0^0,411$ C. für 21 Fuss Tiefe hervorgeht, oder nahe 51 Fuss für 1^0 C. Derselbe[1] entnimmt aus dreijährigen Messungen, dass in Trapptuff 55 Fuss, im Sande 66 Fuss und im Sandsteine 96 Fuss zu $0^0,01$ jährlicher Variation gehören[2].

Im Ganzen scheint die Kälte stärker und der Boden tiefer gefroren zu seyn in Sibirien, als in Nordamerica. Beresow unter 63^0 55′ 59″ n. B., 62^0 43′ 36″ ö. L. v. G. darf wohl als die westliche Grenze des stets gefrornen Erdbodens gelten, wenigstens führen hierauf folgende Thatsachen. In der Gegend des Baikal-Sees unter 52^0 n. B. und 106^0 ö. L. v. G. thaut der Boden nie ganz auf. Im District Nertschinsk unter 52^0 n. B. thaut der Boden je nach der Einwirkung der Sonnenstrahlen 1 bis 9 Fuss auf, tiefer herab bis 42 Fuss fand man ihn gefroren. Capitain Frehse grub im gefrornen Boden 6 Fuss tief und stiess dann auf eine 2,5 Fuss dicke Eismasse, worin sich Blöcke verschiedener Eismassen befanden. In den Brunnen dagegen, welche Richardson in Nordamerica graben liess, zwischen 49^0 n. B. bis 51^0 26′ n. B. fand er den Boden nicht gefroren, wohl aber bis zu verschiedenen Tiefen, wenn er höher hinauf kam. Zu Fort Simpson, welches ungefähr unter gleicher Breite als Jakutzk (62^0 1′ 50″ n. B.) liegt, soll die Bodenwärme $-3^0,1$ R. seyn. Es wurde daselbst am Mackenzie-Flusse unter 62^0 11′ n. B. im October 1837 gegraben. Der gefrorne Boden kam in 10 F. 7 Z. Tiefe zum Vorschein und hatte 6 F. 3 Z. Mächtigkeit. Dagegen fand Erman zu Jakutzk die Bodenwärme -6^0 R. und beim Graben die Wärme mit 65 F. um 1^0 R. zunehmend. Zu York-Factory aber, unter 57^0 n. B., war im October 1835 der Boden 3 F. tief aufgethaut, und von da an kam man auf eine 17,5 Fuss tiefe gefrorne Schicht[3].

Neuere Erfahrungen bestätigen, dass ebensowohl auf der

---

1 Supplement. Report. etc. Lond. 1841. L'Instit. 1841. p. 450.

2 Von den interessanten durch Caldecott angestellten Beobachtungen der zu Trevandrum auf der Küste Malabar bis 12, 6 und 3 Fuss Tiefe in die Erde gesenkten Thermometer giebt Quetelet in den Bulletins der Brüsseler Akademie von T. X. an Nachricht.

3 Edinb. New philos. Journ. 1841. Jan.

nördlichen, als auch auf der südlichen Halbkugel grosse Massen Polareis nicht ganz selten bis zu bedeutend niederen Breiten herabkommen. Nach öffentlichen Blättern zeigten sich am 18ten April 1841 unter 43° n. B. und 48° 30′ w. L. v. G. bis 42° 21′ und 50° w. L. Eisberge in grosser Zahl, deren einige 150 bis 200 F. hoch aus dem Wasser hervorragten und mitunter zusammenhängende Ketten bildeten. Das Dampfboot Great-Western begegnete ihnen auf seiner Fahrt von Bristol nach New-York, und der Dampfer President, welcher von letzterer Stadt nach England zurückkehrte, fand ohne Zweifel in diesen Eismassen seinen Untergang, wenigstens ist er nach seinem Abgange verschwunden, ohne dass man irgend eine weitere Kunde von ihm erhielt. Mehrere Beispiele eigener Wahrnehmung erzählt Couthouy[1]. Auf der südlichen Halbkugel wurde im November 1825 der Mündung des Plata gegenüber unter 35° s. B., 49° w. L. v. G. eine grosse Eismasse gesehen, auf der nördlichen aber sah er am 28. Mai 1828 unter 42° 10′ n. B., 44° 50′ w. L. v. G. und in demselben Jahre im September unter 43° 18′ n. B., 48° 30′ w. L.; ferner im August 1827 unter 46° 30′ n. B., 39° w. L. und am 27. April 1829 unter 36° 19′ n. B., 39° w. L.; endlich am 17. August 1831 unter 36° 20′ n. B., 67° 45′ w. L. grosse Eismassen, die beiden letzteren im Golphstrome.

Vor allen Dingen ist die Kenntniss der Temperaturen an den verschiedenen Orten der Erde höchst interessant und deswegen, wie auch aus sonstigen Rücksichten, von grösster Wichtigkeit. Hierüber ist eine sehr gediegene und höchst vollständige Abhandlung von W. Mahlmann[2] erschienen, welche eine ausführliche Literatur und eine tabellarische Zusammenstellung der mittleren Temperaturen enthält, die alle bisherigen an Vollständigkeit weit übertrifft und aus welcher ich daher Folgendes entnehme. Eine einzige Beobachtungsstunde für die Bestimmung der mittleren täglichen Temperatur zu wählen ist unsicher, mehrere als zwei ist auf jeden Fall mühsamer, und da die nächtlichen Stunden der Bequemlichkeit wegen wohl ausgeschlossen werden müssen, so verdienen zwei Stunden und

---

1 Silliman Amer. Journ.; daraus in L'Institut. 1843. N. 490.

2 Dove Repertorium der Physik. Berl. 1841. Bd. IV. S. 1.

unter diesen 9 und 9 den Vorzug. Die aus diesen erhaltenen täglichen Mittel weichen von den aus stündlichen Beobachtungen gegebenen um folgende Grössen in Centesimalgraden ab: zu Boothia Felix = + 0,09; Fort Leith = + 0,183; Apenrade +0,1; Salzuffeln 0,00; Mühlhausen +0,13; Plymouth +0,003; Padua + 0,14; Madras + 0,12. Um zur etwaigen Bequemlichkeit die Vergleichung von zwei Paar anderer homogener Stunden zu geben, wähle ich 8 und 8. Hierfür beträgt die Abweichung zu Boothia Felix + 0,18; Fort Leith + 0,24; Salzuffeln + 0,16; Mühlhausen + 0,38; Plymouth + 0,293; Padua + 0,42; Madras + 0,68. Für die beiden Stunden 10 und 10 beträgt die Abweichung an den genannten 7 Orten — 0,06; + 0,07; —0,14; —0,05; —0,22; —0,10; —0,41. Sollten endlich für jemanden die homogenen Stunden 11 und 11 die gelegeneren seyn, so geben diese für die genannten 7 Orte folgende Abweichungen: — 0,08; — 0,06; — 0,24; — 0,32; — 0,42; — 0,28; — 0,62 und für Apenrade — 0,2. Hiernach kann jeder Beobachter leicht zwei für ihn gelegene homogene Stunden wählen und mit einiger Wahrscheinlichkeit die geeignete Reduction anbringen.

Ausser den von Mahlmann benutzten Quellen sind noch die schätzbaren stündlichen Beobachtungen hinzugekommen, die auf dem meteorologischen Observatorium zu München angestellt und von J. Lamont [1] in einzelnen Heften bekannt gemacht werden. Da sie auf grosse Genauigkeit Ansprüche machen können, so entnehme ich aus ihnen einige, das eben Mitgetheilte bestätigende und für Temperaturbeobachtungen wichtige Folgerungen. Aus einer Zusammenstellung bei Tag und bei Nacht angestellter stündlicher Thermometerbeobachtungen in den Jahren 1841, 1842 und 1843 ergaben sich folgende Resultate [2]:

1) Um die mittlere Temperatur eines gegebenen Ortes mit absoluter Schärfe zu bestimmen, sind stündliche Beobachtungen sowohl bei Nacht als auch bei Tage erforderlich.

2) Die Temperaturverhältnisse eines jeden Ortes werden durch örtliche Einflüsse bedingt.

3) Da nur an den wenigsten Orten die Möglichkeit ge-

1 Annalen für Meteorologie, Erdmagnetismus und verwandte Gegenstände u. s. w. von Dr. J. Lamont. München 1843.

2 Annalen. Hft. IX. S. 137. 142.

geben ist, nicht bloss ein, sondern mehrere Jahre anhaltend stündliche Beobachtungen anzustellen, so ist es von grosser Wichtigkeit, diejenigen Stunden zu kennen, welche vereint die mittlere Temperatur geben, und hierzu sind zwei gleiche Stunden, die zwischen den Extremen liegen, am geeignetsten.

4) Die monatlichen Mittel sind in verschiedenen Jahren so sehr von einander abweichend, dass mit Ausnahme niederer Breiten, wo die Temperatur gleichbleibender ist, aus den Beobachtungen während einzelner Monate die jährliche mittlere Temperatur nicht mit Sicherheit entnommen werden kann.

5) Zur Bestimmung der Verbesserungen, welche für Beobachtungen an einzelnen Stunden erforderlich sind, eignen sich die bisher bekannten stündlichen Beobachtungen zu Leith und Padua nicht genügend, weil die ersteren an einer Küste angestellt wurden, die letzteren aber an sich zu mangelhaft sind; als geeigneter können die Münchener für den grössten Theil von Deutschland gelten. Aus der nachfolgenden Tabelle, welche die mittleren Abweichungen vom wahren Mittel der stündlichen Beobachtungen in den Jahren 1841, 1842 und 1843 nach Graden der achtzigtheiligen Scale enthält, lassen sich also die für Beobachtungen an einzelnen Stunden erforderlichen Verbesserungen entnehmen, indem man die in der Tabelle enthaltenen Grössen mit entgegengesetzten Zeichen hinzuaddiren muss, um die wahren Mittel zu erhalten, denn die Zahlen der Tabelle enthalten die Abweichungen vom wahren Mittel der monatlichen stündlichen Beobachtungen in Graden nach REAUMUR; die Stunden sind vom Mittage an gezählt.

Monat	1^h	2^h	3^h	4^h	5^h	6^h	7^h	8^h
Januar	1⁰,37	1⁰,42	1⁰,15	0⁰,77	0⁰,26	0⁰,16	—0⁰,06	—0⁰,26
Febr.	2,44	2,54	2,14	1,84	1,21	0,66	0,33	0,07
März	2,73	2,85	2,84	2,66	2,02	1,03	0,36	0,12
April	3,34	3,33	3,41	3,32	2,86	1,92	0,73	—0,08
Mai	3.39	3,32	3,27	2,89	2,35	1,61	0,48	—1,06
Juni	3,07	2,72	2,93	2,69	2,23	1,54	0,65	—0,19
Juli	2,95	2,97	3,01	2,68	2,32	1,50	0,60	—0,39
August	3.48	3,50	3,69	3,47	3.11	2,20	0,74	—0,07
Sept.	3,49	3,46	3,48	3,20	2,56	0,98	0,36	—0,30
Oct.	2,27	2,36	2,18	1,65	0,76	—0,09	—0,57	—0.90
Nov.	1,83	1,77	1,53	0,97	0,26	0,18	—0,14	—0,24
Dec.	1,54	1,57	1,33	0,81	0,52	0,25	—0,07	—0,13

Monat	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h
Januar	-0°,38	-0°,49	-0°,68	-0°,72	-0°,44	-0°,55	-0°,54	-0°,53
Febr.	-0,23	-0,57	-0,76	-0,93	-1,34	-1,38	-1,50	-1,56
März	-0,62	-0,98	-1,21	-1,41	-1,83	-1,97	-2,08	-2,22
April	-0,76	-1,38	-1,90	-2,34	-2,53	-2,64	-2,96	-3,21
Mai	-1,06	-1,70	-1,97	-2,53	-3,03	-3,32	-3,52	-3,67
Juni	-0,89	-1,62	-1,99	-2,65	-2,68	-3,01	-3,19	-3,82
Juli	-1,08	-1,63	-2,06	-2,39	-2,67	-2,86	-3,10	-3,22
August	-0,78	-1,62	-2,01	-2,61	-2,96	-3,26	-3,55	-3,73
Sept.	-0,92	-1,42	-1,76	-2,13	-2,27	-2,50	-2,71	-2,81
Oct.	-1,23	-1,45	-1,59	-1,87	-1,95	-2,04	-2,24	-2,43
Nov.	-0,43	-0,54	-0,66	-0,79	-0,74	-0,82	-0,90	-0,96
Dec.	-0,24	-0,31	-0,42	-0,51	-0,48	-0,55	-0,66	-0,71

Monat	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
Januar	-0°,66	-0°,68	-0°,73	-0°,57	-0°,27	0°,37	0°,89	1°,23
Febr.	-1,71	-1,81	-1,87	-1,45	-0,51	0,70	1,58	1,74
März	-2,27	-2,23	-1,95	-1,03	0,09	1,22	1,82	1,39
April	-3,21	-2,99	-1,79	-0,45	0,66	1,56	2,27	2,75
Mai	-3,23	-2,18	-0,79	-0,54	1,56	2,24	2,79	3,14
Juni	-2,95	-1,69	-0,37	-0,40	1,15	1,88	2,42	2,88
Juli	-2,87	-1,93	-0,79	-0,59	1,33	1,76	2,31	2,89
August	-3,59	-2,99	-1,62	-0,03	1,14	2,08	2,63	3,09
Sept.	-3,04	-3,05	-2,10	-0,61	0,74	1,73	2,55	3,09
Oct.	-2,45	-2,51	-2,31	-1,57	-0,37	0,74	1,38	2,00
Nov.	-0,99	-1,04	-1,11	-0,76	-0,04	0,63	1,26	1,57
Dec.	-0,73	-0,85	-0,92	-0,86	-0,53	0,05	0,34	1,23

Aus dieser schätzbaren Tabelle ergiebt sich, dass die erforderlichen Verbesserungen in den einzelnen Monaten sehr ungleich sind, und ich kann noch hinzusetzen, dass sie auch für einzelne Jahre bedeutende Unterschiede zeigen. Als am grössten ist mir aufgefallen, dass für den Juni 1842 die der 16. Stunde, also 4 Uhr Morgens zugehörige Verbesserung —5°,99, für 1841 aber — 2°,49, also mit einem Unterschiede von 3°,5 beträgt, und Unterschiede von 1°,5 bis fast 2° sind nicht selten; sie werden aber durch Vereinigung der 3 Jahre sehr vermindert, so dass überhaupt die hier mitgetheilte Tabelle ziemlich regelmässig wachsende und abnehmende Werthe darbietet. Meistens hat man ganzjährige Beobachtungen zu redu-

ciren, und die folgende Tabelle enthält daher die dann für die einzelnen Stunden erforderlichen Verbesserungen:

Stunde	Verb.	Stunde	Verb.	Stunde	Verb.	Stunde	Verb.
1	2⁰,660	7	0⁰,284	13	—1⁰,910	19	—1⁰,362
2	2,650	8	— 0,286	14	— 1,991	20	— 0,473
3	2,580	9	— 0,718	15	— 2,245	21	0,412
4	2,236	10	— 1,142	16	— 2,406	22	1,246
5	1,730	11	— 1,418	17	— 2,245	23	1,853
6	0,995	12	— 1,745	18	— 1,996	24	2,250

Der blosse Ueberblick zeigt schon eine regelmässige Zunahme von + zum — und wieder zurück. Diejenigen einzelnen Stunden, die dem Mittel am nächsten kommen, sind um 7 Uhr Nachmittags und um 21 Uhr oder 9 Uhr Morgens; doch kommt 7 Uhr Nachmittags noch näher, wenn man eine einzige Stunde wählen wollte. Es lassen sich mehrere Stunden combiniren, um eine grössere Annäherung zu erhalten, am einfachsten und durch v. Humboldt's Autorität am meisten üblich ist die Combination von zwei gleichnamigen Stunden, und da man die Nachtstunden nicht leicht wählen dürfte, so wird es genügen, noch die 6 Combinationen herzusetzen, welche ebenso viele Nachtstunden ausschliesen.

Stunden: 5 u. 5; 6 u. 6; 7 u. 7; 8 u. 8;
Verb.: —0⁰,252; —0⁰,500; —0⁰,539; —0⁰,379;
Stunden: 9 u. 9; 10 u. 10.
Verb.: —0⁰,151; —0⁰,052.

Hiernach würden sich die Stunden 10 Uhr Abends und 10 Uhr Morgens am besten eignen, denn die Abweichung von der wahren mittleren Temperatur beträgt nur 0⁰,052.

Die stündlichen Beobachtungen sind geeignet, die mittlere Lufttemperatur mit einer vorzüglichen, für nur wenige Orte vorhandenen Genauigkeit zu geben und zugleich die Unterschiede der einzelnen Jahre augenfällig zu machen. Es ist hiernach die mittlere Temperatur für München in den drei hier zusammengestellten Jahren

im Jahre 1841 = 6⁰,689 R.
— — 1842 = 6,313 —
— — 1843 = 6,240 —

Das Mittel aus allen drei Jahren beträgt 6⁰,414, dem das Jahr

1842 am nächsten kommt, oder in Graden der Centesimalscale 8°,02.

Es ist für das Studium der Meteorologie und auch sonst von hohem Interesse, die mittleren Temperaturen der Orte zu kennen, und diese sind daher zu grösserer Bequemlichkeit des Auffindens im Werke (Bd. IX. S. 515) in einer Tabelle alphabetisch zusammengestellt worden. Unterdess sind mir mehrere neue Bestimmungen und einige Verbesserungen der gegebenen bekannt geworden, und ich halte es daher zur Erreichung grösserer Vollständigkeit für angemessen, diese hier nachzutragen. Ausserdem ist die durch Mahlmann gegebene Tabelle weit reicher, als die meinige, und es würde daher unrecht seyn, diese treffliche Arbeit hier unbenutzt zu lassen. In derselben fehlen die Maxima und Minima der Temperaturen, dagegen enthält sie genaue und ausführliche Nachweisungen der Quellen, die ich indess der Kürze halber weglasse. Alle nachfolgende Bestimmungen, bei welchen diese fehlen, sind daher aus Mahlmann's Tabelle entnommen, auf den Meridian von Greenwich reducirt und, wo es anging, nach der Littrow'schen Tabelle corrigirt. Folgende, in Mahlmann's Tabelle enthaltene, von den in der meinigen enthaltenen merklich abweichende Bestimmungen will ich hier vorausschicken: Albany 9,2; Amsterdam 9°,8; Apenrade 8°,3; Bombay 26,4; New Brunswick 5,4; Baton Rouge 20,0; Castle Toward 8,4; Carlisle 8,6; Canea 18,6; Canton 21,9; Chapewyan —4,7; Fort Crawford 7,4; Cambridge in New-York 7,7; Canandaigua 8,2; Cherry-Valley 6,9; Danzig 7,7; Düsseldorf 9,5; Elberfeld 10,3; Franeker 10,3; Fairfield 6,9; George Town 16,6; Haag 10,5; Halle 8,5; Hudson 10,5; Jakutzk —8,1; Johnstown 7,3; Ithaca 9,1; Kopenhagen 8,2; Montpellier 14,1; Montreal 6,4; Marietta 11,6; Maranhao 26,8; Nischnei-Kolymsk —11,2; Nangasaki 17,3; Odessa 9,1; Petersburg 4,1; Pondichery 28,6; Penetanguishene 6,8; Rio de Janeiro 23,1; Salem 8,9; Fort Snelling 6,9; Toulon 15,6; Triest 13,2; Tunis 20,3; Ullensvang 7,4; Uleäburg 0,7; Fort Vancouver 11,4; Utica 7,4; Union Hall 9,9; Zwanenburg 9,7; Washington 10,8; Williamsburg 14,5; Zürich 8,8. Ausserdem ist zu bemerken, dass Bd. IX. S. 522 die für Giwartenfiäll und die Goldküste gehörigen Bestimmungen verwechselt worden sind, was sich indess beim ersten Anblick von selbst ergiebt. Endlich ist die Temperatur zu Cairo zu 22°,5 sehr richtig angegeben worden, denn

Destouches[1] fand sie aus Beobachtungen in den Jahren 1835 bis 1839 im Mittel = 22°,45 C.

Die Tabelle im Wörterbuche mit den hier folgenden Nachträgen giebt eine sehr vollständige Uebersicht der Temperaturverhältnisse auf der ganzen Erde. Hinsichtlich der Genauigkeit der Angaben hat sich Mahlmann alle erdenkliche Mühe gegeben, sie so weit zu treiben, als die vorhandenen Data erlauben, jedoch ist nicht zu verkennen, dass künftig noch manche Berichtigungen hinzukommen werden, wenn die Benutzung längere Zeit fortgesetzter und genauerer Beobachtungen zu Gebote steht. Materialien hierzu werden unter andern vorzugsweise die Bemühungen Lamont's zu München, Quetelet's zu Brüssel und die stündlichen Beobachtungen liefern, welche unter der Aufsicht von Snow Harris[2] in Folge einer Aufforderung der brittischen Association zu York angestellt werden und im Jahre 1840 bereits einen Zeitraum von 7 Jahren umfassten. Namentlich können die Maxima und Minima nur aus mehrjährigen Beobachtungen entnommen werden, wenn wir darunter die seltener vorkommenden Extreme verstehen, die mitunter sehr auffallend sind. So stieg z. B. das Thermometer am 28. Juli 1838 Nachmittags 4 Uhr zu Cumberland[3] unter 38° 58′ n. B. und 75° 3′ w. L. auf 42°,22 und zu Palermo am 18. Juli 1841 sogar auf 43°. (Vergl. Bd. X. S. 1915.)

Orte	Breite	Länge	Höhe	Max.	Min.	Med.
Abuscheher	29° 0′ N.	50° 51′ O.	— —	—	— —	25,0
Acapulco	16 51 N.	99 49 W.	— —	—	— —	26,8
Ahmednuggur	19 8 N.	74 51 O.	1800	—	— —	25,6
Aix	43 32 N.	5 27 O.	600	—	— —	13,5
Alais	44 7 N.	3 5 O.	410	—	— —	15,4
Albany	35 0 S.	113 10 W.	— —	—	— —	16,1
Alderley	53 20 N.	2 20 W.	— —	—	— —	8,3
Aleppo	36 11 N.	32 25 O.	— —	—	— —	18,8
Algier[4]	36 47 N.	3 5 W.	— —	—	— —	17,8
Almuguer	1 54 N.	76 55 W.	6960	—	— —	17,1

1 L'Institut. 7me Ann. N. 280. p. 151.

2 Report of the Brit. Assoc. for 1840.

3 Silliman. Amer. Journ. T. LIII. p. 190.

4 Nach vierjähr. Beob. von Aimé von 1838 bis 1841 aus den Maximis und Minimis. S. Compt. rend. T. XIV. N. 2. p. 73.

Orte	Breite	Länge	Höhe	Max.	Min.	Med.
Alor Gajah	2°16′ N.	102°12′ O.	— —	—	— —	27°,4
Altamura	40 50 N.	16 33 O.	700	—	— —	13,9
Alten	69 54 N.	18 20 O.	— —	28,5	— 27,5	0,0
Altenberg	50 46 N.	13 46 O.	2320	—	— —	6,4
Ambala	30 25 N.	76 45 O.	1000	—	— —	22,7
Andover	42 38 N.	71 7 W.	180	—	— —	8,9
Andrews, St.	56 20 N.	2 48 W.	70	—	— —	9,1
Annaberg	50 35 N.	13 0 O.	1800	—	— —	7,0
Annat Garden	56 24 N.	— — —	160	—	— —	8,7
Anserma Nueva	4 50 N.	76 12 W.	3230	—	— —	23,8
Antigua	17 8 N.	61 52 W.	— —	—	— —	26,5
Antioquia	7 15 N.	75 10 W.	1560	—	— —	25,1
Archangelsk [1]	64 32 N.	40 33 O.	— —	29,5	— 32,5	0,7
Arcot	12 54 N.	79 22 O.	590	—	— —	27,7
Arles	43 40 N.	4 38 O.	— —	—	— —	14,6
Arnheim	51 59 N.	5 55 O.	60	—	— —	9,3
Arrakan	20 35 N.	9 35 O.	— —	—	— —	27,1
Astrakhan	46 21 N.	47 5 O.	— 40	—	— —	9,4
Augsburg	48 22 N.	10 54 O.	1520	—	— —	8,0
Avignon	43 57 N.	4 49 O.	60	—	— —	14,6
Bagdad	33 20 N.	44 23 O.	— —	—	— —	23,2
Baireuth	49 57 N.	11 36 O.	1050	—	— —	7,8
Bakel	14 54 N.	12 21 W.	— —	—	— —	27,5
Baltimore	39 17 N.	76 38 W.	— —	—	— —	11,6
Bangalore	12 58 N.	77 38 O.	2730	—	— —	23,7
Barbados	13 5 N.	59 36 W.	— —	—	— —	26,4
Barcelona [2]	41 22 N.	2 11 O.	— —	—	— —	17,03
Basel [3]	47 33 N.	7 36 O.	822	35,13	— 27,00	7,28
Basse Terre	15 59 N.	61 44 W.	— —	—	— —	27,5
Bathans, St.	55 52 N.	2 23 W.	420	—	— —	7,5
Beaume	47 22 N.	6 22 O.	820	—	— —	11,2
Beresow	63 56 N.	65 4 O.	— —	—	— —	-3,0
Besançon	47 14 N.	6 2 O.	750	—	— —	10,7
Biberach	48 6 N.	9 48 O.	1640	—	— —	9,2
Bleiberg	46 30 N.	14 52 O.	2750	—	— —	7,5
Bogoslowsk	59 45 N.	60 3 O.	700	—	— —	-0,6
Bologna	44 30 N.	11 21 O.	250	—	— —	14,3
Bonningheim	49 2 N.	8 5 O.	650	—	— —	10,1
Boothia Felix	70 0 N.	91 50 W.	— —	—	— —	-15,7

1 Aus Beobachtungen von 1813 bis 1831. S. KUPFFER in Mém. de St. Petersb. VIme Sér. T. II. p. 215.

2 Aus 55jähr. Beobachtungen von JAÑEZ. S. L'Institut. 1840. N. 356.

3 MERIAN Mittel- und Hauptresultate aus d. meteorol. Beobachtungen in Basel. Basel 1838. 4.

Orte	Breite	Länge	Höhe	Max.	Min.	Med.
Braunschweig	52° 16′ N.	10° 31′ O.	300	—	— —	9°,9
Breda	51 35 N.	4 47 O.	— —	—	— —	10,6
Brescia	45 32 N.	10 15 O.	470	—	— —	13,5
Brieu, St.	48 31 N.	2 46 W.	300	—	— —	12,2
Brocken	51 48 N.	10 37 O.	3500	—	— —	1,0
Brzenina	49 49 N.	13 38 O.	1460	—	— —	6,6
Brzetnitz	49 34 N.	13 57 O.	1380	—	— —	7,7
Budweis	49 38 N.	15 47 O.	1150	—	— —	8,5
Buenos Aires	34 36 S.	58 24 W.	— —	—	— —	16,9
Buitenzorg	6 50 N.	106 50 O.	690	—	— —	27,2
Burlington	44 28 N.	73 15 W.	320	—	— —	6,6
Bushey Heath	51 38 N.	0 20 W.	520	—	— —	9,3
Cadix	36 32 N.	6 17 W.	— —	—	— —	20,9
Camajore	43 35 N.	10 20 O.	— —	—	— —	14,3
Canajoharée	42 53 N.	74 34 W.	270	—	— —	8,1
Cap Horn	57 30 S.	67 9 W.	— —	—	— —	3,6
Caracas	10 31 N.	66 54 W.	2730	—	— —	22,0
Carlos, San	41 52 S.	73 53 W.	— —	—	— —	10,5
Carlowitz	45 12 N.	20 3 O.	— —	—	— —	12,5
Carlscrona	56 10 N.	15 36 O.	— —	—	— —	7,8
Carlstadt	59 23 N.	13 30 O.	160	—	— —	6,3
Carthago	4 45 N.	76 6 W.	2950	—	— —	23,8
Cascina	43 41 N.	10 33 O.	— —	—	— —	14,6
Casket	46 36 N.	— — —	— —	—	— —	11,9
Catania	37 28 N.	15 6 O.	60	—	— —	19,7
Cawnpore	26 29 N.	80 22 O.	430	—	— —	25,4
Cenis, Mont	45 14 N.	6 56 O.	6000	—	— —	5,4
Cerigo	36 13 N.	23 5 O.	— —	—	— —	18,5
Chalons s. M.	48 57 N.	4 22 O.	320	—	— —	10,3
Chambery	45 30 N.	5 55 O.	920	—	— —	11,7
Chamouni	45 55 N.	6 52 O.	3150	—	— —	4,0
Chandernagor	22 51 N.	88 22 O.	— —	—	— —	24,2
Charlotte's Sund	41 0 S.	173 50 O.	— —	—	— —	14,5
Charlstown	32 47 N.	79 57 W.	— —	—	— —	18,6
Chartres	48 27 N.	1 20 O.	480	—	— —	10,6
Cheltenham	51 55 N.	2 3 W.	— —	—	— —	10,3
Chemnitz	50 50 N.	12 55 O.	930	—	— —	8,2
Cherson[1]	46 38 N.	32 38 O.	— —	30,0	— 21,6	7,2
Chinon	47 10 N.	0 16 O.	200	—	— —	12,0
Chioggia	45 13 N.	12 17 O.	— —	—	— —	13,1
Christiansborg	5 24 N.	0 10 O.	— —	—	— —	27,2
Clausthal	51 48 N.	10 21 O.	1750	—	— —	4,9

1 Aus vierjähr. Beob. S. Kupffer in Mém. de St. Petersb. VIme Sér. T. II. p. 215.

Orte	Breite	Länge	Höhe	Max.	Min.	Med.
Clermont	45° 47′ N.	3° 5′ O.	1250	—	— —	10°,6
Coimbra	40 12 N.	8 25 W.	280	—	— —	16,7
Col de Géant	45 52 N.	6 52 O.	10600	—	— —	-6,0
Colinton House	55 55 N.	7 56 O.	370	—	— —	9,8
Columbus, Ft.	40 42 N.	74 29 W.	— —	—	— —	11,6
Concord	43 12 N.	71 29 W.	— —	—	— —	6,9
Constantine	36 22 N.	6 37 O.	1000	—	— —	17,2
Constantinopel [1]	41 0 N.	28 59 O.	— —	33,5	— 7,8	13,7
Constitution, Ft.	43 4 N.	70 49 W.	— —	—	— —	8,8
Cordova de Tucuman	31 15 S.	63 5 W.	2350	—	— —	17,1
Cork	51 48 N.	8 5 W.	— —	—	— —	10,6
Cracau	50 4 N.	19 57 W.	610	—	— —	8,3
Crespano	45 45 N.	11 50 O.	1000	—	— —	11,6
Curaçao	12 6 N.	68 56 W.	— —	—	— —	27,5
Darjiling	27 0 N.	88 24 O.	6540	—	— —	12,0
Dax	43 43 N.	1 4 W.	130	—	— —	13,7
Deadwood (St. Helena)	15 55 N.	5 44 W.	— —	—	— —	19,6
Deerfield	42 35 N.	72 38 W.	— —	—	— —	6,6
Dehra	30 19 N.	78 1 O.	2100	—	— —	21,6
Delaware	42 17 N.	74 54 W.	1300	—	— —	7,7
Delft	52 1 N.	4 22 O.	— —	—	— —	7,5
Delhi	28 36 N.	77 12 O.	750	—	— —	23,0
Derby	52 56 N.	1 28 O.	160	—	— —	8,8
Deutschbrod	49 37 N.	15 35 O.	1240	—	— —	7,6
Dijon	47 19 N.	5 2 O.	700	—	— —	10,5
Dominica	19 46 N.	72 18 W.	— —	—	— —	26,6
Dorpat	58 23 N.	26 44 O.	200	—	— —	5,6
Dover (Amer.)	43 13 N.	70 54 W.	— —	—	— —	6,8
Dresden [2]	51 3 N.	13 44 O.	313	—	— —	8,86
Dukhun	18 30 N.	74 20 O.	1700	—	— —	25,5
Dundas, Ft.	11 25 S.	130 5 O.	— —	—	— —	27,0
Dunfermline	56 5 N.	3 26 W.	— —	—	— —	7,4
Eger	50 5 N.	12 22 O.	1320	—	— —	7,1
Eisenach	50 59 N.	10 20 O.	680	—	— —	7,5
Ellwangen	48 58 N.	10 8 O.	1380	—	— —	10,8
Epping	51 42 N.	0 15 O.	370	—	— —	9,4

1 Nach siebenjährigen Beobachtungen von Delcros. S. Berghaus Ann. 1839. Nov. S. 192. Mahlmann in: Monatsberichte über die Verhandl. der Ges. für Erdkunde in Berlin. 1842. Mai, Juni, Juli. S. 231 giebt an 13°, 4.

2 Nach Lohrmann's Beobachtungen von 1827 bis 1835. S. Berghaus Ann. Bd. XVII. S. 531.

Orte	Breite	Länge	Höhe	Max.	Min.	Med.
Erasmus Hall	40° 37′ N.	73° 58′ W.	— —	—	— —	10°,8
Esmeralda	3 11 N.	66 3 W.	— —	—	— —	26,5
Etampes	48 26 N.	2 10 O.	250	—	— —	10,6
Exeter	50 43 N.	3 31 W.	— —	—	— —	8,7
Falkland - Inseln	41 41 N.	72 47 W.	— —	—	— —	8,3
Falmouth	50 9 N.	7 5 W.	120	—	— —	10,4
Falun	60 39 N.	15 45 O.	370	—	— —	6,4
Famine, Port	53 38 S.	70 55 W.	— —	—	— —	5,5
Fernandina	30 35 N.	82 35 W.	— —	—	— —	27,2
Fiume	45 20 N.	14 27 O.	— —	—	— —	12,9
Florenz	43 47 N.	11 15 O.	200	—	— —	15,3
Fort Franklin	65 12 N.	122 14 W.	200	—	— —	-8,4
Fort George	46 18 N.	121 0 W.	— —	—	— —	10,1
Fort Royal (Martin)	14 36 N.	61 4 W.	— —	—	— —	27,2
Frauenau	49 0 N.	13 20 O.	— —	—	— —	7,7
Frederictown	46 3 N.	66 45 W.	— —	—	— —	5,3
Fredonia	42 25 N.	78 44 W.	610	—	— —	9,0
Freetown	8 36 N.	13 10 W.	— —	—	— —	27,2
Freiberg [1]	50 55 N.	13 20 O.	1240	—	— —	7,25
Freiburg	48 0 N.	7 51 O.	860	—	— —	9,8
Freiburg	46 48 N.	7 8 O.	1950	—	— —	8,9
Friedrichshafen	47 38 N.	9 28 O.	1280	—	— —	8,6
Futtyghur	27 23 N.	79 31 O.	560	—	— —	25,0
Genkingen	48 25 N.	9 10 O.	2410	—	— —	6,8
Genua	44 24 N.	8 54 O.	— —	—	— —	15,7
Germantown	40 3 N.	75 17 W.	190	—	— —	11,3
Ghazipur	25 35 N.	85 34 O.	380	—	— —	25,2
Gibraltar	36 7 N.	5 21 W.	— —	—	— —	18,1
Giengen	48 37 N.	10 15 O.	1480	—	— —	8,4
Gitschin	50 26 N.	15 21 O.	— —	—	— —	9,0
Glasgow	55 52 N.	4 16 W.	— —	—	— —	8,7
Göteborg	57 42 N.	11 58 W.	— —	—	— —	7,3
Goodhaab	64 10 N.	51 59 W.	— —	—	— —	-3,3
Goodhavn	69 14 N.	53 23 W.	— —	—	— —	-5,5
Gordon Castle	57 37 N.	3 8 W.	90	—	— —	7,9
Gorée	14 40 N.	22 5 W.	— —	—	— —	24,9
Goritza	45 41 N.	16 5 O.	270	—	— —	13,1
Goruckpore	26 45 N.	83 20 O.	— —	—	— —	23,2
Gotha [2]	50 56 N.	10 44 O.	878	32,8	— 11,1	7,3

1 Beobachtungen in den Jahren 1829 bis 1835 von Reich. S. Berghaus Ann. Bd. XVII. S. 532.

2 Beobachtungen von v. Hoff in den Jahren 1829 bis 1836. S. Berghaus Ann. ebend.

Orte	Breite	Länge	Höhe	Max.	Min.	Med.
Graaf Reinet	32° 11′ S.	26° 0′ O.	1100	—	— —	16,8
Grätz	47 4 N.	15 27 O.	1110	—	— —	9,1
Greifswalde	54 15 N.	13 56 O.	— —	—	— —	8,6
Grenville	42 25 N.	74 21 W.	— —	—	— —	7,1
Gries	47 12 N.	11 8 O.	3650	—	— —	5,4
Guaham	13 28 N.	144 46 O.	— —	—	— —	27,0
Guinea-Küste	3 30 N.	1 10 W.	— —	—	— —	26,0
Haapakyla	66 24 N.	23 47 O.	— —	—	— —	-0,1
Haarlem	52 23 N.	4 38 O.	— —	—	— —	10,0
Halifax	44 39 N.	63 38 W.	— —	—	— —	6,2
Hamilton	42 48 N.	75 32 W.	1060	—	— —	6,9
Hanover, Neu-	43 40 N.	72 10 W.	— —	—	— —	5,0
Hartwick	42 38 N.	75 12 W.	— —	—	— —	7,6
Havana	23 9 N.	82 22 W.	90	—	— —	25,2
Heidelberg [1]	49 24 N.	8 41 O.	348	36,3	— 26,3	9,7
Heilbronn	49 9 N.	9 13 O.	490	—	— —	10,5
Helier, St.	49 17 N.	2 7 W.	— —	—	— —	11,7
Hermannstadt	45 47 N.	24 9 O.	950	—	— —	11,1
Hernoesand	62 38 N.	17 58 O.	— —	—	— —	2,3
High-Wycombe	51 38 N.	5 15 O.	— —	—	— —	7,5
Hoheuelbe	50 38 N.	15 34 O.	1400	—	— —	6,7
Hohenfurt	48 37 N.	14 20 O.	1710	—	— —	6,6
Honda (Neu-			1130	—	— —	24,9
Granada)	5 12 N.	74 57 W.	640	—	— —	27,7
Honoruru	21 19 S.	162 41 W.	— —	—	— —	23,7
Hottentottenland	34 2 S.	18 48 O.	3500	—	— —	13,1
Huntsville	34 36 N.	86 57 W.	— —	—	— —	17,6
Jeffersonville	38 12 N.	85 33 W.	— —	—	— —	15,7
Jekaterinenburg	56 50 N.	60 35 O.	770	—	— —	0,5
Ilmenau	50 41 N.	10 56 O.	1420	—	— —	7,3
Ingolstadt	48 46 N.	11 25 O.	1180	—	— —	8,4
Inverness	57 28 N.	8 52 O.	— —	—	— —	8,9
Isny	47 42 N.	10 2 O.	2180	—	— —	8,1
Ithaca	38 22 S.	21 42 O.	— —	—	— —	16,2
Juanjuy	7 30 S.	75 10 W.	— —	—	— —	24,5
Julianeshaab	60 43 N.	46 1 W.	— —	—	— —	0,9
Jungbunzlau	50 24 N.	14 54 O.	700	—	— —	9,4
Kandy	7 18 N.	80 50 O.	1580	—	— —	22,7
Karikal	10 55 N.	79 44 O.	— —	—	— —	28,7
Kasan	55 48 N.	49 7 O.	180	—	— —	2,2
Kathmandu	27 42 N.	87 40 O.	4350	—	— —	16,9
Kesmark	49 3 N.	20 26 O.	1850	—	— —	7,9
Key West	24 34 N.	81 53 W.	— —	—	— —	24,8

1 Eigene Beobachtungen nach geeigneter Reduction.

Orte	Breite	Länge	Höhe	Max.	Min.	Med.
Kielce	50° 52′ N.	20° 38′ O.	840	—	— —	7°,9
Kinderhook	42 23 N.	73 46 W.	120	—	— —	7,9
King, Fort.	29 3 N.	82 10 W.	— —	—	— —	22,3
Kingston	44 8 N.	76 39 W.	— —	—	— —	6,8
Kingstown	12 56 N.	61 50 W.	— —	—	— —	27,1
Kitzbühel	47 27 N.	12 24 O.	2350	—	— —	8,0
Klagenfurt	48 38 N.	14 18 O.	1350	—	— —	8,7
Klausenburg	46 44 N.	23 34 O.	1200	—	— —	10,4
Kobbe	14 11 N.	28 8 O.	1500	—	— —	26,5
Koburg	50 15 N.	10 58 O.	700	—	— —	7,8
Königsberg	52 58 N.	14 27 O.	110	—	— —	8,5
Königsgrätz	50 13 N.	15 50 O.	700	—	— —	8,2
Köthen	50 22 N.	9 50 O.	— —	—	— —	9,6
Kotgerh	31 19 N.	77 28 O.	6220	—	— —	12,8
Kremsmünster	48 3 N.	14 8 O.	1100	—	— —	8,6
Kronstadt	45 37 N.	25 34 O.	1350	—	— —	9,7
Kruman	48 49 N.	14 19 O.	1550	—	— —	8,4
Kuttenplan	49 54 N.	12 45 O.	1560	—	— —	7,1
La Chapelle	49 56 N.	1 5 O.	— —	—	— —	9,6
Laguna	28 37 N.	16 15 W.	1700	—	— —	17,1
Laibach	46 3 N.	14 31 O.	1270	—	— —	10,9
La Meza	4 27 N.	74 34 W.	3960	—	— —	22,5
Landskron	49 55 N.	16 37 O.	1020	—	— —	8,8
Landur	30 27 N.	78 4 O.	6570	—	— —	13,2
Laon	49 34 N.	3 38 O.	500	—	— —	9,4
La Plata	2 30 N.	75 52 W.	3230	—	— —	23,7
Las Palmas	28 20 N.	15 30 W.	— —	—	— —	21,3
Lausanne	46 31 N.	6 38 O.	1550	—	— —	9,5
Lead Hills	55 25 N.	3 47 W.	1200	—	— —	6,7
Lecce	40 21 N.	18 10 O.	140	—	— —	17,0
Leeuwarden	53 12 N.	5 47 O.	300	—	— —	10,0
Leiden	52 9 N.	4 29 O.	— —	—	— —	9,7
Leith	55 59 N.	3 11 W.	— —	—	— —	8,0
Leitmeritz	50 22 N.	14 8 O.	360	—	— —	9,0
Lemberg	49 52 N.	24 3 O.	960	—	— —	6,6
Lewiston	43 9 N.	79 10 W.	270	—	— —	9,1
Lima	12 3 S.	77 7 W.	530	—	— —	22,4
Linz	48 18 N.	14 17 O.	670	—	— —	9,5
Liverpool	53 25 N.	2 58 W.	— —	—	— —	9,6
Livorno	43 33 N.	10 18 O.	— —	—	— —	16,7
Llactacunga	0 55 S.	77 8 W.	8850	—	— —	15,0
Löwen	50 53 N.	4 42 O.	— —	—	— —	9,3
Lohoogat	29 23 N.	82 16 O.	5230	—	— —	15,4
Londonderry	55 0 N.	7 15 W.	— —	—	— —	9,8
Lucca	43 51 N.	10 31 O.	— —	—	— —	14,9
Luçon	46 27 N.	1 10 W.	— —	—	— —	12,6

Orte	Breite	Länge	Höhe	Max.	Min.	Med.
Ludwigsburg	48° 54′ N.	9°11′ O.	950	—	— —	10°,1
Lüttich	50 39 N.	5 31 O.	— —	—	— —	11,1
Lund	55 42 N.	13 12 O.	50	—	— —	7,3
Lyme-Cobb	50 43 N.	2 16 W.	90	—	— —	10,4
Lyndon	52 32 N.	0 3 W.	510	—	— —	8,9
Lyon	45 46 N.	4 50 O.	480	—	— —	13,2
Mackinac, Ft.	45 51 N.	85 5 W.	570	—	— —	4,3
Macon	46 18 N.	4 50 O.	490	—	— —	10,7
Mafra	38 56 N.	9 20 W.	700	—	— —	13,9
Mahé	11 42 N.	74 33 O.	120	—	— —	26,1
Malta	35 54 N.	14 31 O.	— —	—	— —	17,2
Manilla	14 35 N.	120 59 O.	— —	—	— —	26,5
Mantua	45 10 N.	10 48 O.	— —	—	— —	12,4
Maracaibo	10 43 N.	71 52 W.	— —	—	— —	29,0
Maranhão, St. Luiz de	2 31 S.	44 16 W.	— —	—	— —	26,8
Marburg [1]	50 49 N.	8 46 O.	714	—	— —	8,81
Marienbad	49 59 N.	12 44 O.	1850	—	— —	7,0
Marschlins	46 55 N.	9 56 O.	1700	—	— —	11,1
Matanzas	23 2 N.	81 39 W.	110	—	— —	25,5
Maura, St.	38 48 N.	20 40 O.	— —	—	— —	19,3
Mayenne	48 18 N.	0 37 W.	300	—	— —	10,9
Mecheln	51 2 N.	4 29 O.	— —	—	— —	12,7
Medellin	6 15 N.	75 50 W.	— —	—	— —	20,5
Meiningen	50 35 N.	10 25 O.	900	—	— —	8,0
Meissen	51 10 N.	13 28 O.	350	—	— —	8,8
Mercara	12 26 N.	75 50 O.	4200	—	— —	20,8
Messina	38 11 N.	15 35 O.	— —	—	— —	18,3
Metz	49 7 N.	6 11 O.	— —	—	— —	12,7
Mexico	19 26 N.	99 5 W.	6990	—	— —	16,3
Mhow	22 40 N.	75 50 O.	1900	—	— —	23,3
Middelburg	44 1 N.	73 12 W.	— —	—	— —	6,4
Middletown	40 24 N.	74 13 W.	— —	—	— —	12,1
Minden	52 18 N.	55 O.	200	—	— —	9,2
Minorca	40 0 N.	1 55 O.	— —	—	— —	14,4
Mitau	56 39 N.	23 44 O.	120	—	— —	6,3
Montauban	44 1 N.	1 21 O.	550	—	— —	13,1
Mont Louis	42 30 N.	2 0 W.	4900	—	— —	6,5
Morro, El	2 30 S.	80 20 W.	— —	—	— —	26,9
Moskau [2]	55 45 N.	37 34 O.	360	30,0	—38,75	4,2
Mozafferpur	26 7 N.	85 24 O.	— —	—	— —	23,1

1 Beobachtungen von Gerling in den Jahren 1817 bis 1828. S. Berghaus Ann. Bd. XVII. S. 532.

2 Nach Kupffer in Mém. de St. Petersb. VIme Sér. T. II. p. 215.

Orte	Breite	Länge	Höhe	Max.	Min.	Med.
Mühlhausen	47°49′ N.	7°16′ O.	730	—	— —	10°,2
Mühlhausen[1]	51 13 N.	10 29 O.	700	—	— —	8,0
München	48 9 N.	11 37 O.	1626	35,0	—26,25	8,0
Münster	51 58 N.	7 38 O.	190	—	— —	9,5
Mussuree	30 27 N.	78 2 O.	5890	—	— —	13,7
Nagold	48 33 N.	8 44 O.	1250	—	— —	10,5
Nagpúr	21 9 N.	79 11 O.	— —	—	— —	27,3
Nancy	48 42 N.	6 11 O.	800	—	— —	11,1
Nashville	36 10 N.	86 49 W.	— —	—	— —	15,4
Nasirabad	26 18 N.	74 45 O.	1400	—	— —	24,5
Neapel	40 51 N.	14 15 O.	460	—	— —	16,2
Neder-Calix	65 51 N.	— — —	— —	—	— —	0,3
Neiva	3 10 N.	75 25 W.	1600	—	— —	25,0
Neufchatel	46 59 N.	6 55 O.	1350	—	— —	10,5
Neubistritz	49 2 N.	15 7 O.	1910	—	— —	5,8
Neustrelitz	53 22 N.	13 3 O.	270	—	— —	8,6
New Harmony	38 11 N.	87 54 W.	320	—	— —	13,7
New Haven	41 18 N.	72 58 W.	— —	—	— —	9,6
New Malten	54 8 N.	0 47 W.	85	—	— —	8,7
New Orleans	29 58 N.	90 7 W.	— —	—	— —	19,4
Niagara, Fort	43 15 N.	79 5 W.	230	—	— —	8,6
Nicolosi	37 35 N.	15 6 O.	2175	—	— —	18,0
Niederaltaich	48 45 N.	13 0 O.	— —	—	— —	10,9
Nipal	27 40 N.	87 40 O.	4300	—	— —	17,0
Nishnei Taguilsk[2]	57 55 N.	60 0 O.	600	38,13	— 36,22	—0,8
Nismes	43 51 N.	4 21 O.	100	—	— —	15,7
Norfolk	36 51 N.	76 19 W.	— —	—	— —	17,5
Ober-Urbach	48 48 N.	9 23 O.	860	—	— —	8,9
Ober-Villach	46 55 N.	13 11 O.	1700	—	— —	10,9
Oberwiesenthal	50 25 N.	12 58 O.	2780	—	— —	4,1
Oestersund	63 11 N.	14 42 O.	950	—	— —	2,2
Okak[3]	57 30 N.	61 20 W.	— —	27,50	— 33,50	—3,2
Oleron	43 11 N.	0 36 W.	650	—	— —	13,2
Olmütz	49 36 N.	17 15 O.	650	—	— —	9,1
Omenak	70 41 N.	51 59 W.	— —	—	— —	—8,6
Ootacamund	11 25 N.	72 10 W.	6900	—	— —	14,0
Orotava	28 25 N.	16 25 W.	960	—	— —	21,0
Otaheiti	17 29 N.	149 29 W.	— —	—	— —	25,7

1 Beobacht. von Gräger in Poggendorff Ann. Bd. XLVI. S. 664.

2 Aus Beobachtungen in den Jahren 1841 und 1844, veranlasst durch den Grafen Demidow.

3 Nach Beobachtungen von Henn in Berghaus Ann. 1839. N. 168. S. 472.

Orte	Breite	Länge	Höhe	Max.	Min.	Med.
Pampayaco	9°30′ S.	74°55′W.	— —	—	— —	22°,5
Pamplona	7 17 N.	73 00W.	7500	—	— —	16,2
Paramaribo	5 45 N.	55 13W.	— —	—	— —	26,5
Paramatta	33 49 S.	146 21 O.	60	—	— —	18,3
Pavia	45 11 N.	9 9 O.	270	—	— —	12,5
Peking [1]	39 54 N.	116 29 O.	— —	—	— —	10,4
Perleberg	53 5 N.	11 51 O.	290	—	— —	8,8
Perpignan	42 42 N.	2 54 O.	160	—	— —	15,5
Perth	56 24 N.	3 20W.	— —	—	— —	9,0
Perth	31 55 S.	117 50 O.	— —	—	— —	20,4
Peterwardein	45 15 N.	19 52 O.	— —	—	— —	11,9
Petropawlowsk	53 1 N.	158 40 O.	— —	—	— —	1,9
Pforzheim	48 54 N.	8 42 O.	800	—	— —	9,0
Pilsen	49 45 N.	13 23 O.	880	—	— —	8,5
Pisa	43 43 N.	10 24 O.	170	—	— —	14,7
Pittsburg	40 26 N.	79 58W.	— —	—	— —	12,3
Pless	49 58 N.	18 40 O.	820	—	— —	8,9
Plymouth	50 22 N.	4 8 W.	60	—	— —	11,0
Poitiers	46 35 N.	0 21 O.	300	—	— —	12,4
Pontorson	48 33 N.	— — —	— —	—	— —	12,1
Poonah	18 32 N.	74 2 O.	1710	—	— —	25,4
Port Jackson	33 51 S.	151 28 O.	— —	—	— —	18,0
Portland	43 39 N.	70 20W.	— —	—	— —	7,6
Port Louis	20 10 S.	57 28 O.	40	—	— —	24,9
Portsmouth	43 5 N.	70 46W.	— —	—	— —	7,7
Prästöe	55 7 N.	12 3 O.	— —	—	— —	8,0
Prenzlow	53 18 N.	13 55 O.	130	—	— —	9,4
Providence	41 50 N.	71 25W.	— —	—	— —	8,5
Puerto de Espagna	10 39 N.	61 38W.	— —	—	— —	26,7
Puerto Rico	18 31 N.	67 12W.	— —	—	— —	26,9
Pulo Penang	5 25 N.	100 21 O.	— —	—	— —	26,4
Ragusa	42 38 N.	18 7 O.	— —	—	— —	14,8
Raiatea	16 40 N.	151 30W.	— —	—	— —	25,4
Rawak	0 2 S.	49 5 O.	— —	—	— —	27,6
Redhook	42 2 N.	73 56W.	— —	—	— —	8,7
Redwitz	50 0 N.	12 5 O.	1600	—	— —	6,5
Rehberg	49 6 N.	13 27 O.	2540	—	— —	5,6
Rethel	49 31 N.	4 22 O.	400	—	— —	11,9
Rhodez	44 21 N.	2 34 O.	450	—	— —	13,9
Richmond	37 32 N.	77 28W.	— —	—	— —	13,8
Rieux	43 14 N.	1 10 O.	— —	—	— —	14,0

1 Beobachtungen im Jahre 1841 um 9 und 9 Uhr. S. Annuaire magnétique et météorologique etc. par A. T. Kupffer. St. Petersb. 1843. p. 616.

Orte	Breite	Länge	Höhe	Max.	Min.	Med.
Rinteln[1]	52° 11′ N.	9° 3′ O.	180	—	— —	9°,4
Riobamba	1 42 S.	78 44 W.	8860	—	— —	16,3
Rochester	43 8 N.	77 51 W.	480	—	— —	8,5
Rolle	46 27 N.	6 21 O.	1150	—	— —	10,1
Roseau	15 18 N.	61 22 W.	— —	—	— —	25,6
Rossfeld	49 8 N.	10 5 O.	1110	—	— —	8,0
Rotenhaus	50 31 N.	13 27 O.	1170	—	— —	7,8
Rott (Kloster)	47 57 N.	12 10 O.	1620	—	— —	9,4
Rottenburg	48 28 N.	8 56 O.	1060	—	— —	8,4
Rotterdam	51 55 N.	4 29 O.	— —	—	— —	10,6
Rottweil	48 10 N.	8 37 O.	1850	—	— —	6,7
Rouen	49 26 N.	1 6 O.	160	—	— —	10,8
Rovigno	45 5 N.	11 47 O.	— —	—	— —	12,3
Rumburg	50 57 N.	14 33 O.	1140	—	— —	7,0
Saatz	50 20 N.	13 33 O.	790	—	— —	8,7
Sackett's Harb.	43 57 N.	72 17 W.	— —	—	— —	9,2
Saltdalen	67 0 N.	15 0 O.	— —	—	— —	2,0
Salzburg	47 48 N.	13 3 O.	1260	—	— —	10,0
Salzuffeln[2]	52 5 N.	8 45 O.	300	—	— —	9,3
San Carlos	9 40 N.	68 31 W.	510	—	— —	27,5
Santa Fé de Bogota	4 36 N.	74 14 W.	8100	—	— —	15,0
Santiago	33 25 S.	70 25 W.	1650	—	— —	15,3
Saratow	51 32 N.	46 4 O.	— —	—	— —	6,2
Savannah	32 5 N.	81 7 W.	— —	—	— —	19,5
Schenectady	42 48 N.	73 55 W.	210	—	— —	7,8
Schiedam	51 55 N.	4 24 O.	— —	—	— —	9,9
Schluckenau	51 1 N.	14 27 O.	990	—	— —	7,9
Schneekoppe	50 44 N.	15 44 W.	4960	—	— —	0,2
Schöndorf	51 1 N.	11 20 O.	100	—	— —	7,5
Schönstein	46 20 N.	15 4 O.	— —	—	— —	9,1
Schönthal	49 21 N.	9 32 O.	660	—	— —	9,6
Schorndorf	48 48 N.	9 32 O.	770	—	— —	10,4
Schüttenhofen	49 15 N.	13 30 O.	1350	—	— —	8,3
Schüttenitz	50 33 N.	14 10 O.	680	—	— —	9,3
Schwenningen	48 4 N.	8 33 O.	2180	—	— —	7,7
Scott, Fort	30 43 N.	84 25 W.	— —	—	— —	20,4
Sebastopol[3]	44 36 N.	33 31 O.	960	37,4	—18,4	9,7

---

1 Beobachtungen in den Jahren 1823 bis 1825 von Garthe. S. Berghaus Ann. Bd. XVII. S. 532.

2 Beobachtungen von R. Brandes in den Jahren 1822 bis 1837. S. Berghaus Ann. ebend.

3 Aus Beobachtungen in den Jahren 1828 bis 1836 nach Kupffer in Mém. de St. Petersb. VIme Sér. T. II. p. 215.

Orte	Breite	Länge	Höhe	Max.	Min.	Med.
Seelau	49°32′ N.	15°13′ O.	1170	—	— —	7°,5
Sehárampúr	29 27 N.	77 43 O.	950	—	— —	22,4
Semlin	44 51 N.	20 25 O.	— —	—	— —	12,2
Sheriffs Harb.	70 2 N.	91 52 W.	— —	—	— —	-16,6
Sigmaringen	48 5 N.	9 13 O.	1810	—	— —	9,0
Simla	31 6 N.	77 9 O.	7020	—	— —	14,0
Simpheropol [1]	44 57 N.	34 6 O.	780	30,5	— 22,5	8,5
Sklaven-See	61 12 N.	113 12 W.	330	—	— —	-6,9
Smetschna	50 11 N.	14 2 O.	1080	—	— —	7,8
Smyrna	38 26 N.	27 8 O.	— —	—	— —	18,2
Soglio	46 24 N.	9 32 O.	3400	—	— —	8,3
Soissons	49 23 N.	3 19 O.	— —	—	— —	11,9
Sondrio	46 10 N.	9 52 O.	1000	—	— —	10,4
Soobathoo	30 58 N.	76 59 O.	3940	—	— —	18,3
Sparendam	52 29 N.	5 10 O.	— —	—	— —	10,2
Stabroek	6 45 N.	58 4 W.	— —	—	— —	27,4
Starkenhorst	53 54 N.	14 17 O.	— —	—	— —	8,6
Stellenbosch	33 50 S.	18 40 O.	— —	—	— —	19,1
St. Augustine	29 48 N.	81 35 W.	— —	—	— —	22,3
St. Barthelemy	17 53 N.	63 0 W.	— —	—	— —	26,5
St. Bernards	18 27 N.	64 40 W.	800	—	— —	26,0
Ste. Croix	17 45 N.	64 41 W.	— —	—	— —	27,0
St. George	32 20 N.	64 50 W.	56	—	— —	19,7
St. Johns, Neu Fundland	47 34 N.	52 45 W.	— —	—	— —	3,7
St. Kitts-Insel	17 15 N.	62 42 W.	— —	—	— —	27,2
St. Lawrence	44 40 N.	75 0 W.	370	—	— —	6,2
St. Louis	16 1 N.	16 31 W.	— —	—	— —	24,7
St. Louis	38 36 N.	89 26 W.	520	—	— —	12,9
St. Malo	48 39 N.	2 1 W.	— —	—	— —	12,1
St. Peter	50 41 N.	15 38 O.	2500	—	— —	5,7
St. Philipp	29 29 N.	89 21 W.	— —	—	— —	20,8
St. Thomas	18 20 N.	64 55 W.	— —	—	— —	27,3
Stoney Hill	18 5 N.	76 48 W.	1200	—	— —	23,7
Stralsund	54 18 N.	13 5 O.	50	—	— —	8,1
Stuttgart [2]	48 47 N.	9 10 O.	846	39,4	— 26,25	9,93
Swansee	51 36 N.	3 57 W.	— —	—	— —	11,1
Tabor	49 25 N.	14 39 O.	1300	—	— —	8,0
Talcahuano	36 42 S.	73 10 W.	— —	—	— —	14,0
Tambow [3]	52 43 N.	41 29 O.	360	31,0	— 31,0	4,0

1 Aus Beobachtungen in den Jahren 1821 bis 1835 nach Kupffer a.a. O.

2 Aus 43jährigen Beobachtungen nach Plieninger in Berghaus Ann. 1839. N. 173.

3 Aus Beobachtungen in den Jahren 1825 bis 1837 nach Kupffer in Mém. de St. Petersb. VIme Sér. T. II. p. 215.

Orte	Breite	Länge	Höhe	Max.	Min.	Med.
Tarascon	43° 48′ N.	4° 39′ O.	— —	—	— —	15°,5
Temeswar	45 42 N.	21 14 O.	— —	—	— —	11,5
Tepl, Stift	49 58 N.	12 53 O.	1790	—	— —	6,2
Tetschen	50 47 N.	14 12 O.	290	—	— —	8,7
Thorn	53 1 N.	18 37 O.	120	—	— —	8,3
Thorshavn	62 1 N.	6 44 W.	— —	—	— —	7,1
Tilsit	55 4 N.	21 53 O.	— —	—	— —	6,9
Timor	9 11 S.	124 19 O.	60	—	— —	26,1
Tlalpujahua	19 45 N.	100 5 W.	7870	—	— —	15,4
Tocache	8 20 N.	73 20 W.	— —	—	— —	24,0
Tolmezzo	46 31 N.	13 3 O.	940	—	— —	10,9
Toluca	19 16 N.	99 21 W.	8240	—	— —	14,0
Tonains	44 25 N.	0 18 O.	— —	—	— —	12,7
Toronto [1]	43 39 N.	— —	320	—	— —	6,9
Toulouse	43 36 N.	1 27 O.	47	—	— —	12,7
Trient	46 4 N.	11 5 O.	700	—	— —	12,1
Troppau	49 56 N.	17 54 O.	800	—	— —	9,1
Troyes	48 18 N.	4 4 O.	300	—	— —	11,4
Tulbagh	33 15 S.	19 5 O.	— —	—	— —	19,3
Tunja	5 26 N.	73 47 W.	8800	—	— —	13,7
Turdossin	49 20 N.	19 33 O.	1660	—	— —	6,8
Tuttlingen	47 59 N.	8 49 O.	2000	—	— —	7,7
Ualan	5 19 N.	16 54 O.	— —	—	— —	28,0
Ubajay	23 0 N.	— —	290	—	— —	23,0
Union Ellesburgh	43 46 N.	76 11 W.	— —	—	— —	7,4
Unter-Kubin	49 12 N.	19 18 O.	1400	—	— —	7,6
Upernawik	72 48 N.	55 54 W.	— —	—	— —	-8,7
Up-Park Camp	17 58 N.	76 50 W.	200	—	— —	27,0
Ustjansk	70 55 N.	138 24 O.	— —	—	— —	-16,4
Valparaiso	33 2 S.	71 41 W.	— —	—	— —	14,5
Vannes	47 40 N.	2 45 W.	— —	—	— —	11,0
Vega de Zupia	5 35 N.	76 15 W.	3770	—	— —	21,5
Venedig	45 26 N.	12 21 O.	— —	—	— —	13,7
Verona	45 26 N.	10 59 O.	200	—	— —	13,8
Veta Grande	22 50 N.	102 25 W.	8030	—	— —	13,8
Vicenza	45 33 N.	11 33 O.	150	—	— —	13,7
Vicimo-Outkinsk [2]	— —	— —	— —	40,62	— 36,9	-0,8
Vienne	45 32 N.	4 53 O.	400	—	— —	13,1
Vire	48 50 N.	0 43 W.	750	—	— —	10,4
Wangen	47 41 N.	9 50 O.	1710	—	— —	7,4
Wangen, Dorf	48 46 N.	9 25 O.	850	—	— —	9,4

1 Aus stündlichen Beobachtungen in den Jahren 1841 und 1842. Nach SABINE in Report of Brit. Assoc. 1844.

2 Nach Beob. in d. J. 1840 u. 1841, veranl. durch ANATOLE DEMIDOW.

Orte	Breite	Länge	Höhe	Max.	Min.	Med.
Warschau	52° 13′ N.	21° 2′ O.	400	—	— —	7°,5
Wartburg	50 58 N.	10 18 O.	1270	—	— —	7,9
Weesenstein	50 56 N.	13 51 O.	520	—	— —	8,0
Weimar	50 59 N.	11 20 O.	650	—	— —	9,7
Weingarten	47 48 N.	9 39 O.	1450	—	— —	8,4
Westfield	42 6 N.	72 43 W.	— —	—	— —	9,8
Westheim	49 7 N.	9 50 O.	100	—	— —	9,1
Wexiö	56 53 N.	14 49 O.	450	—	— —	6,9
Wick	58 29 N.	3 5 W.	— —	—	— —	7,9
Wiesenbaude	50 43 N.	15 40 O.	4350	—	— —	1,9
Wight, Insel	50 45 N.	1 18 W.	— —	—	— —	10,3
Wilmington	39 44 N.	75 35 W.	— —	—	— —	10,7
Wilna [1]	54 41 N.	25 18 O.	375	29,5	— 27,7	7,2
Winnenden	48 42 N.	9 23 O.	860	—	— —	9,5
Woolworth	40 42 S.	140 5 W.	— —	—	— —	12,5
Wriezen	52 43 N.	14 8 O.	70	—	— —	8,3
Xalapa	19 30 N.	96 54 W.	4060	—	— —	18,2
York	31 53 S.	116 40 O.	— —	—	— —	18,5
Zanesville	39 59 N.	82 0 W.	— —	—	— —	13,2
Zante	37 47 N.	20 54 O.	— —	—	— —	20,6
Zbirow	49 52 N.	13 46 O.	1520	—	— —	7,3
Zittau	50 54 N.	14 48 O.	760	—	— —	7,6
Zlatoust	55 9 N.	60 6 O.	1000	—	— —	0,3
Zlonitz	50 17 N.	14 6 O.	560	—	— —	8,8
Zwartland	33 15 S.	18 35 O.	— —	—	— —	19,2
Zwellendam	34 0 S.	20 20 O.	— —	—	— —	18,7

1 Vrgl. die Beobachtungen von Slavinsky in: L'Institut. 10me Ann. N. 451. p. 296.

Zus. **Terbium,** ein neues so eben von MOSANDER entdecktes, neben dem Yttrium vorhandenes Metall [1].

---

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. XXIII. p. 241. Ann. Chim. et Phys. 3me Sér. T. XI. p. 473.

710. IX. 731. erste Beobachtungen SEEBECK'S. 732. VI. 710. TRAILL'S Versuche. 717. und STURGEON'S. 720. thermoelektrische Kette aus zwei heterogenen Metallen. IX. 735. POUILLET'S Apparat. 738. thermoelektrische Reihe der Körper. 741. Tabellen hierüber. 749. Verhalten der Flüssigkeiten. 755. mehrgliedrige Ketten und Massbestimmungen der erregten Elektricität. 757. Anwendung des Multiplicators. 760. thermoelektrische Ketten aus einem Metall. 766. Erscheinungen in geraden Stangen, Scheiben u. s. w. 775. Gesetze der Intensität und der Vertheilung der magnetischen Polarität in der einfachen Kette. 781. thermoelektrische Säule. 790. Thermoelektricität ist eigentliche Elektricität. 797—802. Theorie. 798. BECQUEREL'S. 814. NOBILI'S. 815. Anwendung zur Messung der Temperatur. 820. Nachtrag. X. 1159.

Zus. Ueber Erregung der Thermoelektricität durch ungleich erwärmte gleiche Metalle und durch Verbindung des Quecksilbers mit andern Metallen haben PELTIER[1] und MATTEUCCI[2] verschiedene Versuche angestellt. VORSSELMAN DE HEER[3] wurde hierdurch veranlasst, das bereits von SEEBECK nachgewiesene Vermögen des Quecksilbers, einen elektrischen Strom zu erregen, durch Versuche darzuthun, wobei er folgende Reihe erhielt: Wismuth, Quecksilber, Platin, Kupfer, Zink, Silber, Eisen, Antimon. Wichtiger für die praktische Anwendung ist, was POGGENDORFF[4] gezeigt hat, dass Neusilber und Eisen eine wirksamere thermoelektrische Kette geben, als Platin und Eisen. Ein sehr ausführliche Abhandlung über die Erzeugung elektrischer Ströme nicht durch zusammengelöthete, sondern durch sich berührende, ungleich erwärmte, gleiche und ungleiche Metalle, und die Richtung der dadurch erzeugten Ströme hat EMMET[5] bekannt gemacht. Die gefundenen Resultate sind von ihm in ausführlichen Tabellen zusammengestellt worden, indess scheint es mir nicht angemessen, diese hier aufzunehmen, da sie nicht genau unter sich übereinstimmen und die Ursachen der Abweichungen nicht angegeben sind. HANKEL[6] findet diese darin, dass die Reihen-

1 Compt. rend. T. VI. p. 303.
2 Bibl. univ. de Genève. T. XIII. p. 199. T. XV. p. 187. Compt. rend. T. V. p. 706.
3 Poggendorff Ann. Bd. XLVII. S. 602. Bd. XLIX. S. 114.
4 Dessen Ann. Bd. L. S. 250.
5 Silliman amer. Journ. of Sc. T. XXV. p. 271. T. XXVI. p. 311.
6 Poggendorff Ann. Bd LXII. S. 197 u. 479.

folge der Metalle in niederen Temperaturen eine andere ist, als in höheren, wie denn namentlich das in niederer Temperatur gegen Silber negative Zink in nicht beträchtlich höherer positiv gegen dasselbe wird. Nach seinen Versuchen bilden die Metalle folgende Reihe vom negativen zum positiven:

Bei geringen Temperaturunterschieden	bei grösseren Temperaturunterschieden
negativ	
Wismuth	Wismuth
Neusilber	Kobalt
Nickel	Neusilber
Kobalt	Platin, ein Blech
Platin, ein Blech	Nickel
Gold	Arseniknickel
Messing	Messing
Arseniknickel	Gold
Kupfer, ein Blech	Zinn
Zinn	Blei
Blei	Kupfer, ein Blech
Kupfer, ein Draht	Platin, ein Spatel
Silber, 12 löthig	Silber, 12 löthig
Platin, ein Spatel	Eisen
Zink	Kupfer, ein Draht
Silber Nr. 2.	Silber Nr. 2.
Silber Nr. 1.	Kupfer, galvanisches
Kupfer, galvanisches	Silber Nr. 1.
Kadmium	Zink
Eisen	Kadmium
Antimon	Antimon
positiv.	

Ausserdem hat HANKEL gezeigt, dass auch die Erze, namentlich die Krystalle derselben, thermoelektrische Ströme geben. Eine tabellarische Zusammenstellung der von ihm untersuchten zeigt den Ort, den sie unter sich und zu den Metallen vom negativen zum positiven übergehend einnehmen. Durch eine spätere Reihe von Versuchen bestimmte derselbe ferner die Stärke der elektrischen Ströme, welche verschiedene Metalle mit Eisen in zunehmend höheren Temperaturen erzeugen, woraus dann zu-

gleich die der anderen Metalle unter sich hervorgeht. Als interessante Hauptresultate gehn hieraus hervor, dass Wismuth und Antimon die stärksten Ströme geben, denn da Antimon mit Eisen für 80° R. — 257, Wismuth mit letzterem Metalle aber 781 giebt, so geben beide Metalle mit einander 1038 nach den von HANKEL gewählten Verhältnisszahlen. Die Platin-Eisenkette gab bei 80° R. 152, bei 224° aber 418, ohne dass sich die Abnahme zeigte, welche nach POUILLET[1] bei dieser Kette bis 480° R. eintreten soll. Einen stärkeren Strom giebt die Neusilber-Eisenkette, nämlich für 80° = 244; für 224° = 749; für 283° = 1070; für 373° = 1548; für 427° = 1813. Andere Ketten erreichen bei gewissen Temperaturen ihr Maximum, gehn dann wieder auf 0 herab, und von da an wird der Strom der umgekehrte oder negativ. Das Maximum erreicht

Eisen mit Zink bei	143° R.		mit Kupfer bei	195° R.
— — Zinn —	167 —		— Gold —	206 —
— — galv. Kupf.	169 —		— Messing —	235 —
— — Silber bei	184 —		— Blei —	235 —

Eine Umkehrung des Stromes aber tritt bei folgenden Metallen ein:

Zink und Silber	bei	155° R.
Zink und galvan. Kupfer	—	171 —
Gold und Messing	—	224 —
Zink und Eisen	—	252 —
Galvan. Kupfer und Eisen	—	270 —
Silber und Eisen	—	295 —
Gold und Kupfer	—	330 —
Kupfer und Eisen	—	332 —

Ueber die Construction der thermoelektrischen Säulen erlaube ich mir noch Folgendes zu bemerken. Vergleicht man dieselben mit den hydroelektrischen, so haben wir bei jenen, wie bei diesen einfache und zusammengesetzte. Die zusammengesetzten aus feinen Elementen haben bereits einen solchen Grad der Vollkommenheit erreicht, dass nicht wohl etwas zu wünschen übrig bleibt. Dieses ist nicht der Fall bei solchen aus grösseren Elementen, denn so viel mir bekannt, hat man noch

1 Poggendorff Ann. Bd. XXXIX. S. 577.

keine den hydroelektrischen vergleichbaren thermoelektrischen Riesensäulen dargestellt. Zur Construction derselben scheint mir die von mir[1] beschriebene die zweckmässigste zu seyn. Man lässt in eisernen Formen etwa 27 Lin. lange, 3 Lin. breite und 2,5 Lin. dicke Stangen von Wismuth und von Antimon giessen, und weil das letztere Metall sich zusammenzieht, das erstere aber ausdehnt, so ist es räthlich, die Dimensionen der Formen hiernach einzurichten; man sucht überhaupt zu erreichen, dass die gegossenen Stangen nur einer geringen Nachhülfe mit der Feile bedürfen. Um die Stangen zu vereinigen, darf man die entgegengesetzten Enden der breiteren Seiten nur mit etlichen Feilstrichen etwas zuschrägen und die gefeilten Stellen der Antimonstangen verzinnen. Man legt dann zwei Stangen der verschiedenen Metalle mittelst eines zwischenliegenden hölzernen Keils zusammen, vereinigt sie durch Blasen der Weingeistflamme mittelst des Löthrohrs gegen die Antimonstange oder durch Erhitzen der letzteren in der Weingeistflamme, zieht nach dem Erkalten den Keil heraus und fährt so fort, bis die sämmtlichen Paare zusammengelöthet sind. Von diesen Paaren legt man auf einem ebenen Brete so viele, als man in eine Reihe vereinigen will, so neben einander, dass die Enden in einer geraden Linie liegen, drückt die nicht gelötheten Stellen mit einer hölzernen Zange gegen einander und löthet sie auf die angegebene Weise fest, was ohne zwischengelegten Keil geschehn kann, wenn man nur dafür sorgt, dass die Reihe der Löthstellen nicht aus der geraden Linie kommt. Diese Reihen stellt man, soviel man deren vereinigen will, auf ein ebenes Bret oder eine Glasplatte neben einander, trennt jede von der folgenden durch ein etwa 15 bis 18 Lin. breites hölzernes Lineal und bindet sie mit einem fast ebenso breiten, drei- bis viermal umgeschlungenen und straff angezogenen Seidenbande fest, das man noch ausserdem zu grösserer Festigkeit mit einer dicken Auflösung von Schellack in Weingeist tränken kann. Werden dann die Enden der einzelnen Reihen abwechselnd mittelst der gehörigen Metallstangen, die der geringen schrägen Stellung ungeachtet nicht länger, wohl aber für die unbedeutende Dicke des Bandes gehörig zugerichtet seyn müssen, mit einander verbunden, so geben die einander diagonal

1 Poggendorff Ann. Bd. XLVII. S. 151.

gegenüberstehenden Enden der äussersten Reihen die beiden Pole, die dann mit einem angelötheten Drahte zu versehn sind. Die von mir vorgeschlagene Methode des Erwärmens und Erkaltens der entgegengesetzten Löthstellen dieser Säule scheint mir noch immer die beste zu seyn. Die untere Fläche der Säule wird auf einige flache hölzerne, den freien Zutritt des mit Schnee oder Eis erkalteten Wassers zu den sämmtlichen Löthstellen erleichternde Stäbchen in ein angemessenes Gefäss von Weissblech gelegt, auf die obere aber legt man ein Kupferblech von geeigneter Grösse mit etwa 0,75 Z. aufgebogenem Rande und füllt dieses mit glühenden Holzkohlen, wodurch man eine starke Hitze erhält, ohne dass jedoch das Wismuth schmelzt. Auf diese Weise lassen sich Säulen von jeder wünschenswerthen Grösse verfertigen, und es wäre wohl der Mühe werth, sie in grösserem Massstabe auszuführen.

Auch einfache hydroelektrische Ketten hat man in riesenmässiger Grösse dadurch hergestellt, dass man die sämmtlichen positiven Elemente und ebenso die negativen unter sich leitend verband; bei thermoelektrischen ist dieses jedoch, so viel mir bekannt, noch nicht geschehn, ja es ist noch keineswegs genügend untersucht, in welchem Verhältniss die Masse oder Oberfläche der vereinten Metalle zur Grösse der Wirkung steht. Einige Versuche, die ich selbst angestellt habe, gaben Resultate, die jedoch nicht sehr zum weiteren Verfolge der Aufgabe einladen. Um eine runde, mit Schellackfirniss stark getränkte, dicke Pappscheibe, wovon der berührende Theil in der Zeichnung durch p ausgedrückt ist, stellte ich 60 Wismuthstangen w von denselben Dimensionen, wie die im eben beschriebenen Apparate, trennte jede von der nächsten durch einen angemessenen, mit Schellackfirniss getränkten Holzspahn von etwa 0,5 Lin. Dicke, umgab sie oben und unten der Haltbarkeit wegen mit einem nachher zu entfernenden Bindfaden und umwickelte sie dann mit einem etwa 14 Lin. breiten Papierstreifen, welcher in 6 Umwindungen bis zur Dicke von 0,6 Lin. mittelst Mehlkleister aufgeklebt und dann auswendig mit Schellackfirniss stark überzogen wurde. Einen zweiten concentrischen Kreis bilden ebenso viele Antimonstangen a, die auf gleiche Weise durch Holzstäbchen von einander getrennt und durch umklebte Papierstreifen festgehalten werden, so dass das Ganze einen festen, leicht zu manipulirenden Apparat ab-

Fig. 53.

giebt. An der obern Seite sind die Wismuth- und Antimonstangen metallisch verbunden, was sich leicht bewerkstelligen liess, da die Wismuthstangen einen Vorsprung hatten, die Enden der Antimonstangen aber vorher verzinnt waren und die Vereinigung daher mittelst eines Löthkolbens leicht geschah; an der unteren Seite wurden alle Wismuthstangen durch einen aufgelötheten Kupferdraht k und alle Antimonstangen durch einen zweiten k′ mit einander verbunden, und die Enden beider Drähte bildeten dann die beiden Pole, wenn der Apparat in ein Blechgefäss mit Eiswasser gesetzt und oben auf die angegebene Weise erhitzt wurde.

Weil mir GOURJON sagte, zwei nicht zusammengelöthete, aber sich genau berührende Metallstangen zeigten intensivere thermoelektrische Wirkungen, und da eigene Probeversuche mit zwei einzelnen Elementen dieses zu bestätigen schienen, so construirte ich einen zweiten Apparat aus 96 Verbindungen, die nicht gelöthet, sondern durch ein unten zwischenliegendes Holzblättchen getrennt, oben und unten durch umwickelten Zwirn verbunden und um einen gehörig geformten hölzernen Cylinder spiralförmig gelegt waren, um eine grössere Anzahl Elemente in einem kleineren Raume zu vereinigen. Es würde nicht schwer seyn, auf diese Weise mehrere Hunderte von Elementen ohne ungebührliche Grösse zu vereinigen, doch dürfte das Zusammenlöthen der einzelnen Paare den Vorzug verdienen, denn der letztere Apparat ist absolut minder wirksam als der erstere, beide aber stehn der beschriebenen zusammengesetzten Kette weit nach. Beide wirken stark auf die Magnetnadel und geben mit einer Draht-Inductionsrolle verbunden fühlbare Erschütterungen, bisher aber konnte ich mit Anwendung einer Inductionsrolle von 96 F. aufgewickelten Kupferblechs, die zum grossen zusammengesetzten Apparate gehört, keinen Funken und keine Spureiner Wasserzersetzung erhalten, die bei der Anwendung der zusammengesetzten Kette sehr augenfällig, namentlich die Funken, zum Vorschein kommen.

Es kann hier noch nachträglich zu Bd. IX. S. 797 ff. bemerkt werden, dass WATKINS[1] nicht bloss einen Funken und sichtbare Wasserzersetzung mittelst seiner zusammengesetzten

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. LXXVII. T. XII. p. 541. N. LXXXVI. T. XIV. p. 82. Poggendorff Ann. Bd. XLVI. S. 496.

Thermosäule in Verbindung mit einer Inductionsrolle erhalten, sondern auch gefunden hat, dass der hierdurch erzeugte Strom in einem Breguet'schen Metallthermometer und in einem feinen Luftthermometer Wärme entbindet. Endlich verdienen hier noch die Untersuchungen von A. F. SVANBERG[1] über das geeignetste Verhältniss zwischen den thermoelektrischen Erregern und dem zugehörigen Multiplicator erwähnt zu werden.

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 422.

POUILLET's Luftpyrometer. 1014. Universalthermometer. 1016. Messung grosser Hitze aus der specifischen Wärme. 1017.

DULONG und PETIT haben ihre Untersuchungen auf die Weise angestellt, dass sie zwischen 0° und 100° den Gang des Quecksilberthermometers und des Luftthermometers mit einander verglichen, und indem daher hierbei die Ausdehnung des Glases und die absolute Ausdehnung der Luft nicht in Betracht kamen, ist das erhaltene Resultat, dass beide Thermometer innerhalb dieser Grenze um keine merkliche Grösse von einander abweichen, als begründet zu betrachten. In den höheren Temperaturen beobachteten sie den Gang des Quecksilberthermometers und die Ausdehnung der Luft, nahmen aber an, dass letztere sich um 0,00375 ihres Volumens für einen Grad des Quecksilberthermometers ausdehnen müsse, und indem sie nach dieser Grösse die Grade des Quecksilberthermometers regulirten, mussten die Abweichungen beider von einander zu gross werden. Könnte man dieses als begründet annehmen und hätte hauptsächlich DULONG seine gewiss sehr genauen Versuche im Detail bekannt gemacht, so wäre es leicht, die (Bd. X. S. 959) bisher gültigen Reductionen des Quecksilberthermometers auf das Luftthermometer nach dem richtigen, für die Luft aufgefundenen Ausdehnungscoefficienten zu verbessern. Dieses ist bisher mehrfach geschehn.

RUDBERG[1] hat folgende Formel zur Reduction angegeben, wenn t die Grade des Luftthermometers und T die des Quecksilberthermometers bezeichnen:

$$t = 1{,}0002675\, T + \frac{0{,}25691}{(10)^4} T^2 - \frac{0{,}28366}{(10)^6} T^3.$$

Hiernach erhält man folgende correspondirende Werthe:

T	t	T	t
— 36	— 35,36	100	100
0	0	200	198,81
50	50,04	300	294,73

Dass hier die Thermometergrade bei 0° und 100° zusammen-

1 Ann. de Chim. et Pharmac. T. XXXVI. Cah. 2. L'Instit. 10me Ann. N. 421. p. 32.

fallen, bei 50° aber von einander abweichen, kann nur aus der gleichzeitig einwirkenden ungleichen Ausdehnung des Quecksilbers, der Luft und des Glases abgeleitet werden. Uebrigens weichen die hiernach gefundenen Werthe von den in der Tabelle angegebenen nicht bedeutend, für 300° nur um — 2°,03 ab, was bei der Unsicherheit der Bestimmungen so hoher Temperaturen meistens nicht in Betrachtung kommt. Dennoch aber können jene berechneten Grössen bei der gegenwärtig erforderlichen Genauigkeit solcher wichtiger Bestimmungen nicht genügen, und es war daher wünschenswerth, schärfere aufzusuchen, was auch bereits geschehn ist.

Victor Regnault[1] theilte die angegebene Ansicht, dass Dulong und Petit die Grade des Luftthermometers nach dem Ausdehnungscoefficienten für Luft durch Rechnung gefunden haben, und suchte daher das Problem durch eigene Versuche zu lösen, deren genaue Beschreibung hier zu viel Raum erfordern würde, weswegen ich nur das erhaltene Endresultat hersetze. Hiernach gehören folgende Grade beider Thermometer zu einander:

Luftthermometer	Quecksilberthermometer	Unterschiede
0°	0°	0
50	50,2	0,2
100	100,0	0
150	150,0	0
200	200,0	0
250	250,3	0,3
300	301,2	1,2
325	326,9	1,9
350	353,3	3,3.

Auch hiernach eilt das Quecksilberthermometer dem Luftthermometer bei 50° voraus, ungeachtet es ihm übrigens von 0° bis sogar 200° gleich ist.

Bei dieser Gelegenheit fand Regnault, dass Thermometer, die aus verschiedenen Glassorten verfertigt sind, ob-

---

1 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. V. p. 83. Poggendorff Ann. Bd. LVII. S. 199.

gleich sie bei 0° und 100° völlig übereinstimmen, dennoch bei höheren Wärmegraden von einander abweichen. Durch directe Aufforderung fand sich J. J. PIERRE[1] bewogen, dieses Problem genauer zu untersuchen, und wählte hierzu drei Paar Thermometer, wovon jederzeit das eine ein Gefäss von Krystallglas, das andere von gemeinem Glase hatte. Bei der Verfertigung derselben füllte er die vorher oberflächlich als genau calibrirt befundenen Röhren mit Schwefelsäure, um etwa vorhandenen Schmutz zu entfernen, und reinigte sie hernach sorgfältig, ein empfehlenswerthes Verfahren, wenn man nur dafür sorgt, dass alle Feuchtigkeit völlig wieder entfernt werde. In die Röhren brachte er dann einen mässig langen Quecksilberfaden und theilte mittelst einer mit Mikrometerschraube und Mikroskopen versehenen Theilmaschine den Raum, welchen dieser Faden einnahm, in zehn gleiche Theile, bis die Röhre in ihrer ganzen Länge so getheilt war, indem das obere Ende des Quecksilberfadens stets genau an die Stelle gebracht wurde, welche vorher das untere eingenommen hatte. Diese Stellen bezeichnete er anfangs mittelst eines feinen Pinsels durch einen schwarzen Strich, überzog dann die Röhre mit Aetzfirniss (Bd. IV. S. 519), gravirte in diesen die Theilung und vollzog die Aetzung mit Flusssäuredampf, weil man hierdurch feinere Striche erhält, als mit flüssiger Säure. Obgleich hierdurch schon grosse Genauigkeit erreicht wird, so verfertigte er dennoch ausserdem nachher eine Correctionstabelle, indem er Quecksilberfäden von ungleicher Länge in der Röhre bewegte und die Theilungen mass, welche sie an den verschiedenen Stellen der Röhre einnahmen. Von den Theilen auf der Röhre gaben ungefähr 3 einen Centesimalgrad. Für die Reduction des Siedepunctes auf den Barometerstand von 0,760 Met. nahm er an, dass 26,7 Millim. Unterschied des Barometerstandes 1° C. geben. Bei den zur Vergleichung angestellten Versuchen fand er die bekannten Erfahrungen über die Veränderung des Gefrierpunctes bestätigt, und ich möchte in dieser Beziehung die allgemeine Regel feststellen, dass es räthlich sey, vor der Anstellung beabsichtigter Messungen zuerst die Thermometer bis zum Siedepuncte zu erhitzen, insbesondere wenn sie vor-

---

1 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. V. p. 427. Poggendorff Ann. Bd. LVII. S. 553.

her längere Zeit ungebraucht gelegen haben. Aus seinen Versuchen erhielt er dann folgende Resultate: 1) Zwei in ihren festen Puncten übereinstimmende Thermometer können in den zwischenliegenden Graden Unterschiede zeigen, die man aber in den meisten Fällen als zu unbedeutend vernachlässigen darf. 2) Haben zwei in ihren festen Puncten übereinstimmende Thermometer Gefässe, das eine von Krystallglas, das andere von gemeinem Glase, so können sie in Temperaturen von 250° bis 300° um mehrere Grade abweichen. 3) Die Intervalle zwischen den festen Puncten bleiben sich nicht stets gleich; Gefässe aus gewöhnlichem Glase sind aber in dieser Beziehung besser, als aus Krystallglase.

Aus den Versuchen folgt also im Allgemeinen, dass auch die besten Thermometer Unrichtigkeiten zeigen können, die bei manchen sehr feinen Bestimmungen eigentlich nicht vernachlässigt werden dürften. Poggendorff bemerkt indess dabei, dass die grossen, von Pierre beobachteten Abweichungen wohl durch die Verbindung von Röhren aus gemeinem Glase mit Gefässen aus Krystallglas und umgekehrt herbeigeführt worden seyn möchten, wiewohl auch bei gleichem Glase und gleichmässiger Ausdehnung desselben merkliche Abweichungen stattfinden können. Nach Poggendorff ist nämlich, wenn $1 + \Delta_t$ und $1 + \Delta_{100}$ die wahren Volumina des Quecksilbers, $1 + \delta_t$ und $1 + \delta_{100}$ die wahren Volumina des Glases, beides bei t^0 und 100^0 bezeichnen, die Zahl q_t der Grade des Quecksilberthermometers bei t Graden

$$q_t = \frac{\Delta_t - \delta_t}{\Delta_{100} - \delta_{100}} \cdot \frac{1 + \delta_{100}}{1 + \delta_t} . 100 .$$

Setzt man die Ausdehnung des Glases bei $100^0 = 0{,}0025$ und 0,0021, so ist für beide

für wahre Temperatur	Thermometerstand	
	$\delta_{100} = 0{,}0025$,	$\delta_{100} = 0{,}0021$
50°	50,07	50,05
300°	298,51	298,75.

Der Unterschied beider Abweichungen ist also für $50^0 = 0^0{,}02$, bei $300^0 = -0^0{,}24$, bei den Temperaturen zwischen den festen Puncten des Thermometers also verschwindend. Für

absolut genaue Bestimmungen in höheren Temperaturen würde es erforderlich seyn, die ungleichförmige Ausdehnung des Glases und des Quecksilbers mit in Rechnung zu nehmen, wären diese nur nicht so schwer auszumitteln. Bestimmungen höherer Temperaturen mit Quecksilberthermometern, die dennoch immer noch die grösste Genauigkeit gewähren, sind überhaupt ausnehmend schwer, weil vielfache schwer zu beseitigende Umstände einen bedeutenden Einfluss ausüben.

Ohne nähere Berücksichtigung dessen, was (Bd. IX. S. 854 ff.) über die Benutzung des Schwefelkohlenstoffs als thermometrische Substanz gesagt ist, hat PLEISCHL[1] Thermometer (oder Kryometer, wie er sie genannt wissen will) aus dieser Flüssigkeit verfertigen lassen. Dass Quecksilber sich wegen seiner ausnehmend starken Zusammenziehung beim Gestehn zum Messen tiefer Kältegrade nicht eigne, ist längst bekannt, PLEISCHL verwirft aber auch den Alkohol, weil der von 0,84 spec. Gewicht in grosser Kälte ganz zähe, der von 0,797 spec. Gewicht aber bedeutend dickflüssig werden soll. Dagegen fand er den Schwefelkohlenstoff ganz geeignet, weil er mit sehr wenig Iod gefärbt einen leicht erkennbaren Faden bildet und seine Ausdehnung, mit einem Quecksilberthermometer verglichen, sich sehr regelmässig zeigte. Hierüber liegen indess bereits die genügenderen Versuche von GAY-LUSSAC[2] und von mir[3] vor, es wäre dagegen wünschenswerth gewesen, diese von mir sehr empfohlenen Thermometer mittelst der festen Kohlensäure auf den Gefrierpunct dieser Flüssigkeit zu prüfen, welcher bis jetzt noch selbst nicht annähernd bestimmt worden ist, da die Formel für ihre Ausdehnung keinen Punct der grössten Dichtigkeit giebt (s. Bd. X. S. 929).

Thermometrograph. RUTHERFORD'S. IX. 966. MORSTADT'S und KLINGERT'S. 986.

Thermomultiplicator. IX. 999. X. 183.

Thermophon. TREVELYAN'S. X. 100. 508.

Zus. Es ist mir seitdem ein Thermophon bekannt geworden, welches bei den bisherigen Erklärungsversuchen noch nicht berücksichtigt wurde, allerdings aber vor allen andern Be-

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LXIII. S. 115.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. II. p. 30.

3 Mém. prés. à l'Acad. de St. Petersb. T. II. p. 483.

rücksichtigung verdient. Dasselbe besteht aus einem kupfernen, 5 Z. 10 L. par. langen prismatischen Körper, dessen Querschnitt ein Fünfeck bildet. Die Basis hält 11,4 Lin., beide hierauf errichteten Seiten 1 Lin.; die beiden, mit letzteren einen stumpfen Winkel bildenden Seiten würden 7 Lin. Länge haben, allein sie sind durch einen 2 Lin. breiten und 1 Lin. tiefen Einschnitt getrennt, so dass die Figur statt des durch ihre Vereinigung gebildeten stumpfen Winkels vielmehr einen einspringenden fast rechten Winkel erhält. Es ist nach andern, mir bekannten, Exemplaren keineswegs nöthig, diese Dimensionen genau einzuhalten, indess geben sie eine gewisse Norm; aber eine angemessene Dicke des Apparats und die der Länge nach eingeschnittene Furche sind auf jeden Fall zum besseren Gelingen der Versuche erforderlich. Zu diesem Prisma gehört ein Halbcylinder aus Blei von 3 Z. 3 Lin. Länge und 15 Lin. Durchmesser, welcher mit seiner convexen Fläche nach oben mittelst zweier, an seinen Endflächen festgenagelter, 0,5 Lin. dicker, 2 Z. 6 Lin. hoher und unten 2 Z. 9 Lin. breiter Füsse einen festen Stand erhält. Wird das bis etwa zum Siedepuncte des Wassers erhitzte Prisma mit seiner eingeschnittenen Fläche quer über den Cylinder gelegt, so gewahrte man deutlich longitudinale Oscillationen, die mit den Pulsationen des erzeugten Tones zusammenfallen, die hiervon unabhängigen, den Ton erzeugenden Vibrationen lassen sich aber am besten durch einen bis 12 Z. und darüber langen Grashalm sichtbar machen, welcher quer über das Prisma gelegt in Bebungen geräth und eine drehende Bewegung zeigt, ohne dass jedoch seine Länge jemals ganz mit der Längenaxe des Prisma's parallel wird. Dass das eigentliche Tönen aufhört und man nur das fortdauernde Beben wahrnimmt, wenn man den Träger vom Tische aufhebt und frei in der Hand hält, dass also der vernehmbare Ton durch die Resonanz (wie bei den Stimmgabeln) bedingt wird, kann nicht auffallen, desto auffallender ist die ungleiche, aus dem Grade der Erhitzung nicht abzuleitende Höhe des Tones und der Umstand, dass neben dem Haupttone zuweilen noch ein höherer Nebenton vorhanden zu seyn scheint. Nicht selten hört man, vorzüglich im Anfange des Versuchs, auch Klirrtöne. Der Apparat fährt fort zu tönen, wenn seine Hitze auch bis unter den Siedepunct, ja nach Schätzung bis auf 50° C. herabgegangen ist. Die Höhe

und Tiefe der Töne wechselt sprungweise und ändert sich merklich, wenn man auf den cylindrischen Träger oder den zur Unterlage dienenden bleiernen Ring drückt oder die Unterlage nur berührt. Am auffallendsten bei diesem Apparate ist der Umstand, dass derselbe auch dann tönt, wenn man ihn auf einen bleiernen Ring (2 Z. hoch, 2 Lin. dick, von 3 Z. 9 Lin. par. äusserem Durchmesser) an zwei Stellen unterstützt legt, oder auf einen massiven Klotz desselben Metalls, die Axen beider Körper sich in rechten Winkeln schneidend, wobei die Länge der unterstützenden Fläche weit über die Breite des Apparates hinausragte, die Breite aber 5 Lin. betrug; ja, was mich am meisten überraschte, dass er auch dann noch tönte, als ich ihn der Länge nach auf einen 1 Z. 5 Lin. breiten, 4 Z. 2 Lin. langen ebenen massiven Bleiklotz legte. Mir scheinen diese Phänomene mehr für die von Forbes aufgestellte Hypothese zu entscheiden, wonach durch den Widerstand, welchen die Wärme beim Uebergange aus dem besseren Leiter in den schlechteren findet, der erstere in die den Ton erzeugenden Schwingungen versetzt wird.

Zus. Die zum Zeichnen der Zeuche gebrauchte Tinte erfordert zuerst eine Beitze, womit die Stelle genässt wird, und dann die eigentliche Tinte. Die Beitze besteht aus trocknem, einfach kohlensaurem Natron 1 Unze; arab. Gummi 2 Drachmen; Wasser 4 Unzen. Die Beitze muss erst trocknen, dann

wird gezeichnet. Die Tinte besteht aus geschmolzenem salpetersaurem Silberoxyd 2 Drachmen; destillirtes Wasser 7 Drachmen; arab. Gummi 2 Drachmen. Sie wird in gut verschlossenen Gläsern aufbewahrt.

Titan[1] wurde 1791 von GREGOR als Metalloxyd erkannt und 1794 von KLAPROTH, 1821 von H. ROSE genauer untersucht, doch hat man es bis jetzt nur in sehr kleinen Würfeln dargestellt, die sehr hart, spröde, nur in heftigster Weissglühhitze schmelzbar und von 5,28 bis 5,3 spec. Gewicht sind. Das Metall verbindet sich mit Sauerstoff wahrscheinlich zu einem Oxydul, 1 Atomgewicht des Metalls mit 2 Atomgewicht Sauerstoff liefern aber das Titanoxyd oder die Titansäure, die sich natürlich im Rutil und im Anatas findet. Die Säure verbindet sich mit Wasser zu Titansäurehydrat, mit Säuren zu Titanoxydsalzen und mit Salzbasen zu titansauren Salzen. Das Titan verbindet sich mit Phosphor, Schwefel, Chlor und Fluor, ferner mit Stickstoff, Kalium, Natrium, Calcium, Magnium, Zirconium und Silicium.

Titandampf wird in der Hitze der Schmelzöfen erzeugt. X. 1098.

Tithonometer, tithonische Lichtstrahlen. S. **Daguerrebilder.**

Todesthal auf Java. IX. 2329.

Todtes Meer. Beschaffenheit, Vertiefung. S. **See.** VIII. 727. Vergl. **See.**

Toise. französisches Mass. VI. 1271.

Ton. S. **Schall.** VIII. 179. Tartinische. 316. Höhe der Töne. IX. 1299. und Coincidenz. 1300. der Insecten beim Fliegen. IV. 469. Vergl. **Insecten.**

Tonkacampfer. IX. 1706.

Tonleiter. VIII. 331. **Tonmesser, Tonometer, Tonwaage.** S. **Monochord.** VI. 2450. 2453. **Schall.** VIII. 294.

Tonne. englisches Mass. VI. 1301. preussisches. 1331. dänisches. 1343.

Tonnengebläse. S. **Gebläse.** IV. 1139.

Topasfels. III. 1078.

Topf, Papinischer. S. **Digestor.** II. 544. X. 1142.

Torf. Wärmeerzeugung durch das Verbrennen desselben. V. 143. Beschaffenheit und Bildung. VIII. 1242. pyrituoser. 1245. X. 2206.

Tornados. S. **Regen.** VII. 1253. und **Wind.** X. 2019. Wirkungen derselben. 2048. weisser Tornado. 2059.

---

1 Handbuch der Chemie von L. Gmelin. 4. Ausg. Bd. II. S. 430.

---

1 L'Institut. IIme Ann. N. 518. p. 414.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XLI. p. 373. Wiener Zeitschr. Th. VII. S. 228. Fechner Repert. Bd. I. S. 73.

3 Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 454.

4 Exerc. math. T. IV. p. 40.

Zus. Dieser nur selten in physikalischen Cabinetten vorkommende und daher wenig bekannte Apparat ist durch BURKHARD DE VOLDER[1] angegeben und dem Wesen nach dem Follis hydrostaticus s'GRAVESANDE's (Bd. V. S. 582) gleich, jedoch schöner und belehrender. Er besteht aus einem 1 Fuss hohen cylindrischen, mit einem Deckel dicht verschlossenen Messinggefässe. In den Boden desselben ist von oben herab eine runde Platte von 0,5 Quadratfuss Flächeninhalt eingeschliffen, gegen welchen also das Wasser des gefüllten Gefässes mit dem Gewichte eines halben Kubikfusses Wasser drückt. In dem wasserdicht schliessenden Deckel ist eine hohle Messingröhre mit seitwärts gehenden, jedesmal 1 F. von einander entfernten, durch Schrauben verschliessbaren Löchern. Die eingeschliffene Bodenplatte ist in ihrem Centrum mit einem Haken versehn, von welchem aus ein Seil aus Metalldraht durch die Röhre geht und oben in einem Ringe endet, woran man den Tubus an einer Waage aufhängt. Das Wasser, welches nach seiner verschiedenen Höhe gegen die eingeschliffene Platte drückt, com-

---

1 Disputationes philos. de rerum natural. principiis ut et de aëris gravitate. Lugd. Bat. 1681. 8.

pensirt hierdurch das Gewicht des Apparates, des enthaltenen Wassers und der aufzulegenden Gewichte, und man hat also ein Mittel, das hydrostatische Gesetz, wonach der Druck der Flüssigkeiten einer Säule von gegebener Basis und Höhe, ohne Einfluss ihrer Dicke, gleich ist, durch Messung empirisch anschaulich zu machen.

Zus. Eine ausführliche und gediegene Untersuchung der Pyroelektricität (Elektricität erhitzter Krystalle) ist seitdem durch P. Riess und G. Rose[1] bekannt gemacht worden. Sie erhitzten die Krystalle in einem Schrotbade und entfernten die etwa anhaftende und durch Reiben erzeugte Elektricität durch das sehr zweckmässige Mittel, dass sie die Krystalle durch die Spitze einer Weingeistflamme zogen. Der Zweck der Untersuchung war, die früheren, namentlich durch Brewster gegebenen Bestimmungen derjenigen Krystalle, welche pyroelektrisch werden, zu prüfen und zugleich die Lage der elektrischen Axen bei einigen derselben zu bestimmen. Der Kürze wegen gebe ich hier bloss die Hauptresultate.

A. Pyroelektrisch zeigen sich: Turmalin, Kieselzinkerz, Skolezit, Axinit, Borazit, Rhodizit, und zwar als terminalpolarisch; Prehnit, Topas als centralpolarisch; Titanit, Schwerspath und Bergkrystall, an denen die elektrischen Axen nicht bestimmt wurden.

B. Nicht pyroelektrisch erschienen: Amethyst, Analcim, Beryll, Brookit, Cölestin, Diamant, Dichroit, Diopsit, Feldspath, Flussspath, Granat, Helvin, Honigstein, Kalkspath, Natrolith, Phenakit, Pistacit, Rauschgelb, Skapolith, Schwefel, Thompsonit, Vesuvian, Weissbleierz.

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LIX. S. 353.

Ausserdem hat W. HANKEL[1] seine (Bd. X. S. 1156 ff.) bereits erwähnten Untersuchungen durch eine neue Reihe von Versuchen mit dem Topase erweitert. In der Hauptsache geht hieraus hervor, dass der Topas mehrere elektrische Axen zeigt und dass sein elektrisches Verhalten durch die mehr oder minder vollständige Ausbildung der Krystalle bedingt wird.

Wichtiger noch sind einige durch die eben erwähnte Abhandlung von RIESS und ROSE veranlasste Bemerkungen[2], worin derselbe den gewählten Ausdruck: Pyroelektricität, als den gesammten Erscheinungen, namentlich bei den durch Hitze leicht zerstörbaren Krystallen, nicht angemessen, wohl mit Recht verwirft, so wie die Benennung der analogen (die zuerst + el. werden) und antilogen Pole. Als besonders bemerkenswerth verdient erwähnt zu werden, dass HANKEL beim Boracit in der Mitte der Würfelflächen Pole mit einer Intensität auftreten sah, welche die der Würfelecken bedeutend übertrifft und wonach sich also bei diesem Krystalle sieben polarisch elektrische Axen vorfinden. Nicht minder beachtenswerth ist, dass diese sämmtlichen Axen sowohl während des Erwärmens, als auch des Erkaltens einen Wechsel der Elektricität zeigen, indem diese von der einen zur andern übergeht. Inzwischen haben RIESS und ROSE[3] gegen die durch HANKEL erhaltenen Resultate gewichtige Zweifel erhoben, welche namentlich auf dem Grunde beruhn, dass das von ihm gebrauchte Säulenelektrometer bekanntlich leicht täuschen kann und es schwer hält, die Temperaturänderungen auf Metallplatten liegender Krystalle genau zu bemessen.

Tychoniker. X. 1535.
Tympanum im Ohre. IV. 1200. Wassertrommel. VII. 969.
Typhon. X. 2026. Wirkungen desselben. 2063.

U.

Ualopanopsique. optisches Instrument. IX. 1105.
Udometer. S. **Regenmass.** VII. 1340.
Uebergangsgebirge. III. 1083.

---

1 Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 37.
2 Ebend. Bd. LXI. S. 281.
3 Ebend. Ann. Bd. LXI. S. 659.

V.

Zus. BIOT in seinen Untersuchungen über die Geschichte der Astronomie im Journ. des Savants behauptet gefunden zu haben, dass im Werke des ABUL-WEFA keine Spur von der Variation des Mondes zu finden sey, sondern dass er bloss das

zweite Element der Evection ganz nach PTOLEMÄUS angebe, dem er Schritt vor Schritt folgt [1].

---

1 L'Institut. XIIme Ann. N. 526. p. 32.

Zus. Man hat seitdem den ursprünglichen Namen, Volta-Elektrometer, mit dem kürzeren und daher zweckmässigeren **Voltameter** vertauscht. Die Construction derselben ist verschieden, indess unterscheidet man zwei Arten, nämlich diejenigen, in denen beide Gase vereint, und diejenigen, in denen sie getrennt vorhanden sind. Bei beiden ist es vortheilhaft, statt der früher gebrauchten Platindrähte vielmehr Platinbleche in Anwendung zu bringen. Diese sind sehr dünn und nach Verhältniss der zu erzeugenden Gasmenge verschieden gross, im Mittel bei den grösseren, bei kräftigen Säulen anzuwendenden, etwa 3 Z. lang und 1 Z. breit. Bei beiden Arten von Apparaten müssen die Auffangegefässe graduirt seyn, denn sonst wären sie blosse Voltaskope, die man gleichfalls anwendet, um zu ermitteln, ob irgend eine Vorrichtung einen das Wasser zersetzenden Strom erzeugt. Zweckmässige Apparate, um die Gase einzeln aufzufangen und ihre Volumina zu messen, hat Poggendorff[1] beschrieben; ihnen ähnliche sind von verschiedenen Künstlern bereits nach dem an sich einfachen Principe ausgeführt worden.

Voltagometer nennt M. H. Jacobi[2] einen sinnreich erdachten Apparat, welcher bestimmt ist, den Leitungswiderstand zu reguliren. Er besteht im Wesentlichen aus einem Marmorcylinder und aus einer messingenen Axe desselben, in welche beide feine gleiche Schraubenwindungen eingeschnitten sind. In die Vertiefungen des Marmorcylinders ist ein Platindraht ge-

1 Dessen Ann. Bd. LV. S. 277.
2 Bullet. de l'Acad. de St. Petersb. T. X. N. 18. Poggendorff Ann. Bd. LIX. S. 145.

wunden; die Axe ruht in einem Lager, und da ihre freien Enden jedes mit dem Marmorcylinder gleiche Längen haben, so kann letzterer in horizontaler Lage hin- und hergeschoben werden. Den Draht berührt eine durch ein Gewicht angedrückte Rolle von Platin mit einer Vertiefung, um stets mit dem Drahte in genauer metallischer Berührung zu bleiben; an einer feinen Scale endlich wird die Länge des seitwärts bewegten Cylinders und also auch des um ihn gewundenen Drahtes gemessen, und indem der elektrische Strom durch die Rolle zum Drahte und von diesem zum Cylinder übergeht, so kann die Länge des durchströmten Drahtes und somit die Grösse des Leitungswiderstandes willkürlich vergrössert werden. Ein ähnlicher, minder kostbarer Apparat ist der von WHEATSTONE erfundene, oben beschriebene Rheostat.

Zus. **Volumenometer** nennt HERMANN KOPP[1] einen von ihm erfundenen Apparat; doch könnte man ihn auch Stereometer nennen, da er dessen Stelle jedenfalls mit überwiegendem Nutzen vertritt. Statt dass beim Stereometer das Volumen eines Körpers gemessen wird, indem das Luftvolumen, welches er aus der von ihm eingenommenen Stelle treibt, an der Ausdehnung der zurückbleibenden nicht Theil nimmt, misst das Volumenometer die gesuchte Grösse durch das Verhältniss der Zusammendrückung des ganzen zu dem verminderten Luftvolumen. Man denke sich zwei verticale gläserne, durch ein zwischen ihnen befindliches engeres Rohr verbundene Glascylinder. Der eine dieser Schenkel ist mit Quecksilber gefüllt, welches durch einen Embolus herabgedrückt und in den zweiten getrieben

1 Ann. d. Chemie und Pharmacie. Bd. XXXV. S. 17.

werden kann, der zweite ist mit einem Deckel luftdicht verschlossen, durch welchen einige geschwärzte Drahtstifte und eine enge, oben offene, unten spitze Glasröhre herabgehn. Wird dann das Quecksilber in ihn getrieben, so muss die Luft, nachdem vorher die Spitze der engen Röhre durch das Quecksilber gesperrt worden ist, zusammengedrückt werden, wobei die Drahtspitzen von ungleicher Länge, die es nach einander berührt, den geringeren oder stärkeren Grad der Zusammendrückung messen. Mit dem zweiten Cylinder ist durch eine geeignete gebogene Röhre ein gläsernes Gefäss verbunden, in welches die Körper, deren Volumen man messen will, gelegt werden, worauf man es selbst mit einer mittelst Pomade fest aufliegenden und durch eine Schraube niedergedrückten Glasplatte verschliesst. Ist dann der kubische Inhalt des zweiten Cylinders und des mit ihm verbundenen Gefässes bekannt, und kennt man aus der Länge der in der Glasröhre aufsteigenden Quecksilbersäule die Zusammendrückung des ganzen enthaltenen Luftvolumens und des durch einen im Gefässe liegenden Körper verminderten, so lässt sich hieraus das Volumen des letzteren finden, und zwar, wenn mehrere ungleich lange Drähte vorhanden sind, so oft, als die Quecksilberoberfläche einen derselben erreicht, wodurch die Messung multiplicirt und also zugleich genauer wird. Der Apparat ist allerdings sinnreich ausgedacht und dem Stereometer weit vorzuziehn, weil das eingeschlossene Quecksilber stets rein bleibt, statt dass der Schmutz desselben und das Rosten der Drähte beim Stereometer jede Messung unmöglich macht; allein Kopp bemerkt selbst, dass es bei solchen Körpern nicht anwendbar sey, welche Luft absorbiren. Diese aber sind es gerade, deren specifisches Gewicht man mittelst solcher Apparate auffinden will. Ausserdem liegt noch eine nicht ganz unbedeutende Fehlerquelle darin, dass eine Quantität Wasserdampf aus der nicht ganz trocknen Luft durch Verminderung des Raumes ausgeschieden wird, die sich nicht gut berechnen lässt.

Volumeter Hare's. IX. 2128.

Zus. **Volumeter** nennt Gay-Lussac die von ihm angegebenen, aus einer cylindrischen, etwas Quecksilber enthaltenden Glasröhre bestehenden Aräometer, weil die Scalentheile, bis zu denen sie in verschiedenen Flüssigkeiten ein-

Zus. Es sind seither theils neue Vulcane aufgefunden, theils die Erscheinungen näher untersucht worden. Da aber eine ziemlich befriedigende Uebersicht der bekannteren Vulcane

und der Theorieen ihres Verhaltens gegeben worden ist, die Aufgabe auch zunächst der Geologie angehört, so überhebe ich mich einer Zusammenstellung der weiter bekannt gewordenen Thatsachen und verweise auf die von Anderen, namentlich von v. LEONHARD [1] mitgetheilten. Folgendes dürfte indess von allgemeinerem Interesse seyn. Ross [2] hat bei seiner Entdeckungsreise zwei Vulcane im fernsten Süden gesehen, den Erebus unter 77° 32′ s. B. und 167° ö. L. v. G. und daneben einen erloschenen, welchen er Terror nannte. Ausserdem entdeckten die durch ENDERBY in London ausgerüsteten Schiffe im Jahre 1839 eine Inselgruppe von 5 Inseln, deren mittelste unter 66° 44′ s. B. und 163° 11′ ö. L. v. G. liegt, die nicht bloss sämmtlich aus vulcanischen Gesteinen bestehen, namentlich der auf einer Insel befindliche, 12000 engl. Fuss hohe Kegelberg, sondern von deren einer auch zwei Rauchsäulen aufstiegen, so dass diese Vulcane also noch jetzt thätig sind [3]. Eine Abhandlung über den Zusammenhang der vulcanischen Phänomene in Südamerica von CHARLES DARWIN [4] möge hier nur beiläufig erwähnt werden. Ausserdem lässt sich zu den Angaben über brennende Steinkohlenlager noch die Nachricht von dem grossen Brande des Steinkohlenflötzes bei Michalnowitz in Oberschlesien hinzufügen. Der Brand dehnt sich über eine grosse Strecke aus, und es ist noch kein Mittel aufgefunden worden, ihn zu löschen. Der jetzige ist erst neuerdings entstanden, doch deutet die Beschaffenheit der Steine auf einen schon früheren Brand [5].

Vulcane im Monde. S. **Mond.** VI. 2412.
Vulcanist und Plutonist. IV. 1267.

---

1 Geologie oder Naturgeschichte der Erde. 23. Abth. u. folgende.

2 Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. XX. p. 141.

3 Journ. of the geograph. Soc. T. IX. p. 522.

4 Trans. of the Geol. Soc. at London. 1841. Poggendorff Ann. Bd. LII. S. 484.

5 v. Leonhard u. Bronn neues Jahrbuch. 1844. Hft. V. S. 610.

W.

Zus. Ueber die Wärmeerzeugung durch Sonnenstrahlen ist eine gehaltvolle Abhandlung von FORBES[1] erschienen. Es wird darin der Wärmeverlust untersucht, welchen die Sonnenstrahlen bei ihrem Durchgange durch die Atmosphäre erleiden, wobei Versuche mit dem Aktinometer zum Grunde liegen. Damit ist eine geschichtliche Uebersicht der früheren Untersuchungen über diese Aufgabe verbunden. MELLONI[2] hat seine Untersuchungen über die ungleiche Wärmekraft der verschiedenen Strahlen im Farbenspectrum fortgesetzt. Die Resultate weichen indess von den früher erhaltenen nicht so wesentlich ab, dass sie einer ausführlichen Mittheilung bedürften. Dagegen verdienen die im Werke übergangenen älteren Versuche von ERMAN[3] über die erwärmende Kraft der polarisirten Lichtstrahlen hier noch nachträglich erwähnt zu werden. Der gebrauchte Apparat glich dem von BERARD angewandten. Die polarisiren-

1 Philos. Trans. for 1842. p. 225.

2 Compt. rend. T. XV. p. 554. Poggendorff Ann. Bd. LVII. S. 300. Compt. rend. T. XVIII. N. 2. p. 39. Poggendorff Ann. Bd. LXII. S. 18.

3 Berliner Denkschriften 1818. S. 404.

den Platten hielten 30 Quadratzoll; an die obere, um die Axe des polarisirten Lichtes drehbare Platte wurde ein Luftthermometer gelegt, bestehend aus zwei dünnen Glasscheiben von 3 Z. Durchmesser, in einen Ring von 1 Lin. Höhe gefasst und mit einem Rohre versehen, worin ein Tropfen gefärbten Weingeists die Ausdehnung der Luft zu zeigen diente. Das polarisirte Licht wurde in einem metallenen Hohlspiegel aufgefangen, in dessen Brennpuncte ein feines Luftthermometer befestigt worden war. In Uebereinstimmung mit BERARD's Resultaten gaben die Lichtstrahlen weit mehr Wärme, wenn die Spiegel parallel waren, als wenn der obere mit dem unteren einen Winkel von 90° bildete. Um zugleich die Wirkung des Kerzenlichtes und der dunkeln Wärmestrahlen zu prüfen, bediente sich ERMAN einer Argand'schen Lampe im Brennpuncte eines grossen und gut gearbeiteten Hohlspiegels, indem die Flamme für die dunklen Strahlen mit einem metallenen, statt eines gläsernen, Schirme umgeben war; zuweilen aber wurde das plane Luftthermometer den im gehörigen Polarisationswinkel reflectirten Wärmestrahlen unmittelbar ausgesetzt. Als Resultat dieser Versuche geht hervor, dass die unpolarisirten Strahlen sowohl der Sonne als auch des Kerzenlichtes und der dunklen Wärme viel stärker erwärmen, als die polarisirten, dass aber die zweite polarisirende Glasscheibe nicht mehr erwärmt wird, sie mag die polarisirten Strahlen reflectiren oder nach MALUS verschlucken.

Nach Versuchen mit dem Aktinometer fand HERSCHEL[1] die Strahlung der Sonne auf dem Cap der guten Hoffnung 48°,75 und in Europa 29°,5.

Die oben (Bd. X. S. 246) erwähnten Untersuchungen von HESS über Wärmeentbindung durch chemische Verbindungen hat dieser fleissige Gelehrte fortgesetzt und in einer fortlaufenden Reihe von Abhandlungen bekannt gemacht[2]. Die späteren Versuche über die durch Verbindung der Schwefelsäure mit Wasser entwickelte Wärme gaben von den früheren etwas abweichende Grössen. Es waren nämlich:

---

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XLIV. p. 382.

2 Bullet. scient. de l'Acad. de St. Petersb. T. VIII. Compt. rend. T. X. p. 761. Ann. de Chim. et Phys. T. LXXV. 3me Sér. T. IV. Poggendorff Ann. Bd. LII. S. 97. Bd. LIII. S. 535. Bd. LVI. S. 463. 593.

Auf 1 A. wasserf. S. entwickelt	gefunden	berechnet
$\dot{H}^6 \dddot{S}$ . . .	46,94 . .	46,55
$\dot{H}^3 \dddot{S}$ . . .	94,18 . .	93,10
$\dot{H}^2 \dddot{S}$ . . .	134,20 . .	139,65
$\dot{H}^1 \dddot{S}$ . . .	229,41 . .	232,75

Die nämliche Aufgabe, nämlich die durch Verbindung der Schwefelsäure mit Wasser entbundene Wärmemenge zu bestimmen, hat auch GRAHAM[1] zu lösen versucht, jedoch weichen die erhaltenen Resultate nicht unbedeutend von den mitgetheilten ab, und eben dieses ist der Fall bei denen, welche ABRIA[2] aus einer grossen Reihe von Versuchen erhielt, in denen er beide Flüssigkeiten, in Gefässe eingeschlossen, durch Umdrehung derselben unter Wasser vereinigte und die Wärmezunahme des letzteren mass. Hiernach waren die Wärmemengen, welche durch 1 Gramm Schwefelsäure verbunden mit 1; 2; 3; 4; 5 Atomen Wasser entwickelt wurden, $=64^0,25$; $94^0,69$; $113^0,06$; $124^0,43$; $131^0,6$. Hieraus schliesst er, dass, wenn man die Wärmemenge, die durch 1 Atom Wasser entwickelt wird, mit derjenigen vergleicht, welche durch das vorhergehende frei geworden ist, die Verhältnisse für das 3te; 4te; 5te; 6te wenig von den Zahlen $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}$; $\frac{2}{3}$ abweichen.

Weitere Versuche von HESS über die Wärme-Entwickelung durch Verbindung der Salpetersäure mit Wasser ergaben, dass die Salpetersäure $\dot{H}\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}$ mit einem Ueberschuss von Wasser gerade so viel Wärme entwickelt, als Schwefelsäure $\dot{H}\,\dddot{S}$, indess sind die streng erforderlichen Wassermengen verschieden, weil bei der Salpetersäure das zweite Atom Wasser nur ein Aequivalent Wärme entwickelt, das dritte eins, das vierte, fünfte und sechste nur jedes ein halbes, das siebente und achte ein halbes. Die in vieler Hinsicht schwierigen Messungen ergaben:

Verbindungen	gefunden	berechnet
$\dot{H}^8 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}$ . .	37,78 . .	38,85
$\dot{H}^6 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}$ . .	56,88 . .	58,27

---

1 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. VIII.
2 Ebend. T. XII. p. 167.

Verbindungen	gefunden	berechnet
$\dot{H}^5 \dddot{N}$	73,20	77,68
$\dot{H}^3 \dddot{N}$	114,20	116,55
$\dot{H}^2 \dddot{N}$	158,00	155,40
$\dot{H}^1 \dddot{N}$	193,80	194,25

Unter den vielen in der reichhaltigen Abhandlung enthaltenen wichtigen Resultaten hebe ich noch das durch Versuche gefundene heraus, dass ein zusammengesetzter Brennstoff allezeit weniger Wärme entwickelt, als seine Bestandtheile einzeln genommen. Werden ferner zwei Lösungen neutraler Salze, die gleiche Temperaturen haben, vereinigt, und bilden sie dann zwei neue Verbindungen, so ändert sich ihre Temperatur nicht oder die Aenderung ist unmerklich, wonach also neutrale, zusammengemengte Lösungen thermoneutral sind.

Ein werthvolles Gegenstück zu den eben mitgetheilten Versuchen liefern die von THOMAS ANDREWS[1] angestellten, die sich zunächst auf die Wärme beziehen, welche durch Verbindung von Säuren mit Basen frei wird. Um hierbei sichere Resultate zu erhalten, nahm er von beiden sehr verdünnte Lösungen und wandte alle mögliche Vorsichtsmassregeln an, um Fehler zu vermeiden. Die Ergebnisse, um sie kurz zusammenzufassen, sind folgende: 1) Die Menge der durch Verbindung von Säuren mit Basen erzeugten Wärme hängt von der Basis und nicht von der Säure ab, weil die nämliche Basis mit einem Aequivalent der verschiedenen Säuren verbunden fast gleiche Wärme liefert. 2) Wenn sich ein neutrales Salz mit einem oder mehreren Aequivalenten Säure verbindet, so wird keine Wärme weder frei noch gebunden. 3) Bei der Verbindung eines oder mehrerer Aequivalente einer Basis mit einem neutralen Salze wird Wärme frei. Die erwähnten Versuche von HESS beziehen sich hauptsächlich auf die Verbindung von Säuren mit Wasser, er hat aber auch einige über die Verbindung von Säuren mit neutralen Salzen hinzugefügt, und eine durch ANDREWS angestellte Vergleichung der erhaltenen Grössen mit den durch ihn selbst gefundenen zeigt sehr genaue Uebereinstimmung beider. ANDREWS[2] hat seine Versuche später fortgesetzt und dadurch noch folgendes

1 Transact. of the Irish Soc. T. XIX. P. II. Poggendorff Ann. Bd. LIV. S. 208.

2 Phil. Trans. 1844. P. I. p. 21.

Gesetz gefunden: 4) Wenn eine Basis irgend eine andere aus der neutralen Verbindung verdrängt, so ist die gebundene oder frei gewordene Wärme bei der nämlichen Basis stets gleich, die Säure sey, welche sie wolle. Auch THOMAS GRAHAM[1] hat eine grosse Reihe von Versuchen über Entbindung und Bindung von Wärme durch Vereinigung von Salzen, Säuren, Basen und Wasser angestellt, ohne jedoch daraus kurz zu fassende allgemeine Gesetze zu entwickeln.

In Beziehung auf die Entzündung des Knallgases durch Platinschwamm (Bd. X. S. 267) hat SCHÖNBEIN[2] aufgefunden, dass dieser in Knallgas, und dünnes Platinblech in Aetherdampf nicht erglühn, wenn sie auch nur einen Augenblick in eine Atmosphäre von Schwefel-, Selen-, Phosphor-, Arsen-, Antimon- oder Tellur-Wasserstoffgas getaucht werden. Die Ursache findet er in einem Ueberzuge der mit dem Wasserstoffgas verbundenen Substanzen, der sich über dem Platin bilden soll.

DULONG'S[3] Versuche über den Ursprung der animalischen Wärme sind bereits (Bd. X. S. 394) erwähnt worden, JOHN DAVY[4] aber hat seine Beobachtungen (Bd. X. S. 36) neuerdings noch vervollständigt, wovon ich Folgendes hier nachträglich mittheile. Von der Eigenwärme der Fische überzeugte er sich durch Versuche an einen Pelamys Sarda, welcher im Meer von Marmora gefangen, mit Rücksicht auf das kältere Wasser in der Tiefe, wohl eine Temperatur von 6°,6 C. über die der Umgebung haben mochte. Beobachtungen an sehr alten Personen, welche leicht die Empfindung der Kälte haben, ergaben, dass die Wärme ihrer inneren Theile, z. B. unter der Zunge, vielmehr grösser ist; denn die mittlere Wärme zu 36°,67 C. angenommen war sie bei einem 91 Jahr alten Manne im Juni 37°,49, im October 36°,94. Ein anderer 88 Jahre alter Mann zeigte im Juni gleichfalls 37°,49, im Februar aber, als die äussere Kälte von 0° C. bei Schneewetter unangenehm auf ihn einwirkte, zeigte er nur 35°,56. Seine Frau, 76 Jahre alt, zeigte im Juni 36°,94, im October 36,67, im Februar aber bei vermehrtem Pulse 37°,22. Ein gesunder Mann von 95 Jahren zeigte im October 36°,94, ein anderer, 89 Jahre alt und so weit bei Kräften, dass er

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. 161. T. XXIV. p. 401.
2 Bericht über die Verhandl. der naturf. Ges. in Basel. N. VI. S. 5.
3 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. I. p. 440.
4 Philos. Trans. 1844. P. I. Edinb. New Philos. Journ. N. LXXIV. p. 351.

zur Kirche gehen konnte, zeigte im October 36°,67, im Februar aber, gleich nach dem Essen, 37°,49. Aus dem einen dieser Beispiele scheint hervorzugehn, dass sehr alte Personen, wie Kinder, den äussern Einwirkungen nicht vollkommen widerstehn, denn auch zu Ceylon betrug die Wärme eines wohl 100 Jahre alten Mannes in dünner Kleidung und bei 22°,23 äusserer Temperatur nicht mehr als 35°,0, die eines 12jährigen Knaben aber 36°,67. Einen Einfluss der äusseren Temperatur auf die Wärme der Menschen hatte er schon früher beobachtet, und neuere Versuche bestätigten dieses. In einer Fabrik, wo die Temperatur durch Luft und Dampf auf 33°,34 C. gehalten wurde, betrug die Wärme unter der Zunge bei einem Manne nach 6 Stunden Arbeit 38°,0; bei einem anderen 37°,78; bei einer jungen Frau in einem Zimmer von 22°,78 Br. betrug die Wärme 37°,22; bei einer anderen in einem Zimmer von 15°,56 aber nur 36°,38. Bei einem und demselben Individuum von mittlerem Alter und guter Gesundheit, welches zu verschiedenen Zeiten zu Constantinopel beobachtet wurde, variirte die Wärme nach der äusseren Temperatur, die von —0°,55 bis 34°,45 sich veränderte, zwischen 36°,11 und 37°,5. Eigens angestellte Versuche über den Einfluss der Bewegung ergaben, dass zwar durch letztere die Extremitäten wärmer werden und die Hitze sich mehr nach aussen verbreitet, die innere Wärme aber, unter der Zunge gemessen, keine Veränderung erleidet.

Zu dem, was über den Winterschlaf der Thiere (Bd. X. S. 365) gesagt worden ist, kann Folgendes hinzugesetzt werden. P. Lorlet[1] stellte im Winter von 1843 auf 1844 Versuche mit der Haselmaus (Myoxus Muscardinus) an, deren Schlaf dem der übrigen Schläfer nicht vollkommen gleicht und mehr ein lethargischer Zustand zu seyn scheint, aus dem das Thier bei verschiedenen Temperaturen erwacht, um wieder in denselben zurückzufallen. Das beobachtete Exemplar schlief am 8. Nov. bei 15° C. ein; seine Temperatur, durch ein unter den Bauch des gekrümmten Thiers eingeschobenes Thermometer gemessen, sank auf 14°,8; es erwachte durch Erwärmen wieder und zeigte 26°,5, schlief aber sofort wieder ein, erwachte von selbst am 10. Nov., zeigte 35°,1 Wärme und schlief bald

1 Observations sur le sommeil léthargique du Muscardin. Aus Ann. de la Soc. R. d'agriculture, hist. nat. etc. de Lyon. 1844.

wieder ein. Aus dem bis zum letzten April geführten Tagebuche gehen folgende wesentlichste Resultate hervor. Die längsten Perioden des Schlafs waren:

Dauer des Schlafs	Temperatur der Luft	Temperatur des Thieres
29 Nov. bis 6 Dec.	11°,9	12,2
10 Dec. — 15 Dec.	12,3	11,9
17 Dec. — 24 Dec.	11,9	10,9
10 Jan. — 15 Jan.	7,3	7,0
17 Jan. — 6 Febr.	8,4	8,5

Die längsten Perioden des Wachens waren:

Dauer des Wachens	Temperatur der Luft	Temperatur des Thieres
7 bis 9 Jan.	11,6	32,0
15 — 27 Febr.	7,5	30,2
16 — 27 März	9,0	35,0

Das Gewicht des Thiers variirte zwischen 20,6 und 16,05 Gramm, das Gewicht der Nahrungsmittel, die es mit einem Male zu sich nahm, betrug 1,5 bis 1,7 Gramm, und sein dadurch vermehrtes Gewicht nahm dann während des Schlafes allmälig wieder ab; die Respiration nahm beim beginnenden Schlafe mit der Wärme sogleich ab, und wurde desto seltener, je tiefer seine Wärme herabging. Eine ausführliche Untersuchung der animalischen Wärme und ihres Ursprungs hat Joh. Müller[1] geliefert, worauf ich verweise.

In Beziehung auf die Wärmeerzeugung durch den elektrischen Strom verdient bemerkt zu werden, dass Wartmann[2] aus einer Reihe von Versuchen die Folgerung ableitet, die Elektricität erzeuge nur dann Wärme, wenn sie Widerstand der Leitung findet. Allerdings war es auffallend, dass er starke Flaschenschläge durch eine Thermosäule leitete, ohne dass der mit letzterer verbundene Multiplicator die mindesten Spuren einer stattgefundenen Erwärmung zeigte. Dennoch aber dürften diese Resultate nicht im Stande seyn, den Satz, dass der elektrische Strom stets Wärme erzeuge, umzustossen, denn bei der

---

1 Handbuch der Physiologie. Bd. II.

2 Bulletin de la Soc. Roy. de Brux. T. X. p. 72. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. 151. p. 254.

vollkommenen Leitung der Thermosäule und nicht sehr grossen Empfindlichkeit des Galvanometers konnte die Nadel des letzteren allerdings keine Ablenkung zeigen, ohne dass sich dennoch hierauf ein entscheidender Beweis gründen liesse. Dieses ist um so wahrscheinlicher, da die gewählte Methode mit derjenigen zusammenfällt, mittelst welcher POGGENDORFF den Peltier'schen Versuch (Bd. X. S. 407) zu wiederholen angegeben hat. Man verbinde den einen Pol einer guten Thermosäule (einer einfachen) dauernd zugleich mit einer Volta'schen Kette und einem Galvanometer. Setzt man den andern Pol auch nur auf einen Moment mit der Volta'schen Kette in Berührung, und dann im nächsten mit dem Galvanometer, so weicht die Nadel bedeutend ab, und zwar im gleichen Sinne, wie sie durch jene Kette abgelenkt werden würde, welche Lage die Thermosäule auch haben mag. Hiernach muss also die Thermokette jedesmal ihre Temperatur durch den elektrischen Strom ändern, die Gleichheit der Richtung der Abweichung erklärt sich aber leicht daraus, dass die Richtung des Stromes die Erzeugung der Wärme oder Kälte in der Thermosäule bedingt, die Umkehrung des Stromes also das Verhalten der Thermosäule, dieses aber zugleich die Ablenkung der Nadel umkehrt.

Neuerdings hat EDMUND BECQUEREL durch eine Reihe vorzüglich genauer Versuche die Wärme zu bestimmen gesucht, welche durch den hydroelektrischen Strom in Metalldrähten und Flüssigkeiten entwickelt wird, und da die Resultate nicht bloss zu einem bestimmten Gesetze führen, sondern auch die Ermittelung anderweitiger Bestimmungen über das gegenseitige Verhalten der Wärme und Elektricität in Aussicht stellen, so verdient der wesentliche Inhalt hier kurz mitgetheilt zu werden. Er bediente sich hierzu einer aus der Zeichnung leicht zu erkennenden Vorrichtung. Auf einem Brete XY von 1 Quadratmeter Fläche sind die kleinen, mit Quecksilber gefüllten, hölzernen Becher a, a′, a″.... aufgeleimt; V ist ein Voltameter, in welchem die Platinbleche durch einen dünnen Streifen Carton getrennt, bei m aber durch Mastix vereint sind. Das Calorimeter C besteht aus einem Gefässe von dünnem Kupferblech, einem Würfel von 2,5 Centim. Seite, dessen Deckel eine Tubulatur enthält, um ein empfindliches Thermometer aufzunehmen; es ruht auf 4 hölzernen Füssen und hat eine in seiner Mitte aufgehangene, schraubenförmig gewundene, dünne Glas-

Fig. 54.

röhre, um welche der Rheophor gewunden ist, dessen Enden isolirt durch die Oeffnungen c, c' gehen und bei d, d' in die Quecksilbernäpfchen tauchen. Das Ganze ist in ein Gehäuse von Carton b b' b'' b''' eingeschlossen, aus welchem der Stiel des Thermometers herausragt, und daneben steht ein zweites Gehäuse EF, welches ein ähnliches Gefäss G umgiebt, mit einem Thermometer zum Messen der äusseren Temperatur. Wesentlich ist, das Gefäss C inwendig mit Gummilackfirniss zu überziehn und dafür Sorge zu tragen, dass die innere schraubenförmige Windung die Wandungen nicht berühre und dass überhaupt keine metallische Berührung zwischen dem Rheophore und dem Gefässe stattfinde. Der Lauf des elektrischen Stromes ist für sich klar, zu bemerken aber, dass Becquerel sich einer Säule von constanter Wirkung bediente, wie er sie an einem andern Orte[1] schon früher beschrieben hat. Zum Messen der Elektricität diente das Volumen des im Galvanometer aus gesäuertem Wasser entwickelten Knallgases auf 0^0 C. Temperatur und auf 0,76 Met. Barometerstand reducirt.

Um die erzeugte Wärme zu messen, bediente er sich der Methode der Abkühlung (Bd. X. S. 680 u. 800). War demnach das Gefäss C nebst Thermometer, schraubenförmiger Windung der Glasröhre und dem umwundenen Drahte nach ihrer specifischen Wärmecapacität auf Wasser reducirt und zur Masse des Wassers addirt, so gab die Summe das erwärmte Volumen Wasser = M, die durch den elektrischen Strom Wärme erhielt und gleichzeitig ausstrahlte. Der Versuch wurde so lange fortgesetzt, bis beide, die erzeugte und die ausgestrahlte Wärme, ins Gleichgewicht kamen und also die Temperatur sich nicht mehr änderte. Heisst dann a diese Temperatur des Stillstandes und b diejenige, welche das Thermometer in C nach einer Zeit t, wozu man gewöhnlich 10—15 Minuten zu wählen pflegt, angenommen hat, so ist für die Temperatur C der Umgebung nach dem Newton'schen Gesetz des Erkaltens

$$b - c = (a - c) \,.\, \mu^{-t},$$

mithin, wenn man $\log . \mu = m$ setzt,

$$m = \frac{1}{t} \log . \frac{a - c}{b - c},$$

und da $m(a - c)$ die Geschwindigkeit der Abkühlung im An-

1 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. III. p. 436.

fange bezeichnet, wird diese Geschwindigkeit überhaupt

$$V = (a - c) \frac{1}{t} \log . \frac{a - c}{b - c}.$$

Setzt man der Kürze wegen $a - c = A$ und $b - c = T$, bezeichnet ferner E den Modulus der gemeinen Logarithmen, so ist

$$V = A \frac{1}{t} \frac{\log . A - \log . T}{\log . E},$$

und für die gegebene Wassermenge $= M$ ist

$$MV = MA \frac{1}{t} \frac{\log . A - \log . T}{\log . E}$$

die Menge der Wärme, welche die Elektricität in einer Minute durch den Rheophor dem Wasser mittheilt.

Becquerel bediente sich noch folgender Formel. Es sey $t' =$ der Zeit, binnen welcher das Thermometer von der Temperatur a' zur Temperatur a'' steigt, so ist

$$\frac{M(a'' - a')}{t'} + \text{Verlust durch Abkühlung}$$

die Wärme, welche der Rheophor binnen einer Minute erzeugt. Sind a'' und a' wenig verschieden von einander und um mehrere Grade verschieden von c, so lässt sich $\frac{a' + a''}{2}$ als das Mittel annehmen, und man erhält

$$M \left\{ \frac{(a'' - a')}{t'} + \left[\frac{(a' + a'')}{2} - c \right] \frac{1}{t} \frac{\log . A - \log . T}{\log . E} \right\}.$$

Um an einem Beispiele die Methode und die Berechnung der Versuche zu zeigen, diene Folgendes. Es war der Rheophor 0,422 Gramm an Gewicht, 44 Centimeter lang und nahe von 0,23 Millim. Durchmesser. Das Wasser im Calorimeter wog 10 Gramm, die äussere Temperatur war $12^0,5$ C. Der Strom aus einer Säule von 6 Elementen begann um $12^h\ 5'$ und wurde um $2^h\ 4'$ unterbrochen. Die Temperaturen waren:

$$\begin{array}{lll} 2^h & 4' & = 17^0,20 \\ 2 & 10 & = 16,35 \\ 2 & 16 & = 15,64, \end{array}$$

mithin der Ueberschuss über die umgebende Temperatur von $12^0,5$ für 0 Min. $= 4^0,7$; für 6 Min. $= 4^0,25$ und für 12 Min. $= 3^0,14$. Diese Werthe geben nach der Formel $m = 0,034$. Um die Grösse M zu erhalten, ist

Wasser des Calorimeters	10,000	Gramm
das Calorimeter auf Wasser reducirt	1,966	—
das Thermometer	0,550	—
die Spirale von Glas	0,0367	—
der Platindraht	0,0137	—
	M = 12,566	Gramm,

also ist die Menge der in einer Minute entwickelten Wärme

$$M(17^0{,}2 - 12^0{,}5)\,m = 2{,}18532,$$

das heisst so gross, um 2,18532 Gramm Wasser 1° C. steigen zu machen. Um diese Grösse mit der durch den Strom erzeugten Gasmenge zu vergleichen, war diese auf 0° Temperatur und 0,76 Met. Barometerstand reducirt = 33,83 Volumina, also 3,383 Kub. Centimeter. Also ein Strom, welcher 3,383 Kub. Centimeter Gas erzeugt, vermag 2,18532 Gramm Wasser um 1° C. Wärme zu erhöhen.

Durch die Anwendung mehrerer Elemente der Säule ergab sich, dass die Quantitäten der entwickelten Wärme sich wie die Quadrate der erhaltenen Gasmengen verhalten, denn wenn man die Wärmemengen durch die Quadrate der Gasmengen dividirt, so erhält man eine constante Zahl, wie die nachfolgende Tabelle zeigt:

Vers.	Wärmemengen	Werth von m	Gasmengen	Wärmem. :(Gasmengen)^2
1	2,18523	0,0340	3,383	0,1909
2	9,4970	0,0360	7,036	0,1918
3	10,5489	0,0414	7,871	0,1703
4	4,43748	0,0380	4,854	0,1883
5	3,2044	0,0400	4,098	0,1909

Dieses Resultat ergab sich auch aus einer andern Versuchsreihe, in welcher als Rheophor ein Kupferdraht von 0,936 Met. Länge, 1,392 Gr. Gewicht und nahe 0,45 Millim. Durchmesser diente, wie folgende Uebersicht zeigt.

Vers.	Wärme-mengen	Werth von m	Gasmengen	Wärmem. / (Gasmengen)^2.
1	0,4227	0,042	3,916	0,0275
2	0,9978	0,038	5,013	0,0382
3	1,4257	0,031	6,112	0,0397
4	5,40213	0,0339	12,521	0,0345
5	3,138	0,0352	10,283	0,0295
6	24,91164	0,0523	16,686	0,0349

Zu einer dritten Versuchsreihe diente ein gleichfalls um die schraubenförmige Glasröhre gewundener Rheophor aus feinem Platindraht von 0,85 Met. Länge, 0,06 Gramm Gewicht und etwa 0,1 Millim. Durchmesser.

Vers.	Wärme-mengen	Werth von m	Gasmengen	Wärmem. / (Gasmengen)^2.
1	2,38664	0,0378	0,808	3,657
2	6,3377	0,0352	1,354	3,457
3	1,27942	0,0469	0,702	2,602
4	7,52936	0,0451	1,624	2,855

Sofern die erhaltenen Gasmengen den Quantitäten der durchströmenden Elektricität direct proportional sind, so ersieht man aus diesen drei Tabellen, dass die Mengen der entwickelten Wärme den Quadraten der durchströmenden Elektricität proportional sind, die Elektrode sey ein guter oder ein schlechter Leiter der Elektricität; aus einer Vergleichung der drei Resultate unter einander ergiebt sich aber ferner, dass die Quantität der entwickelten Wärme für gleiche Mengen durchströmender Elektricität von der grösseren oder geringeren Leitungsfähigkeit der Elektroden oder von der Grösse des Widerstandes, welchen der elektrische Strom findet, abhängt, und zwar in der Art, dass die schlechtere Leitung oder der grössere Widerstand die grössere Menge der Wärme giebt. Aus den mittleren Werthen der in der 5. Columne enthaltenen Grössen erhält man nämlich:

1) Elektrode von Platin, 0,23 Millim. Durchm. 0,1864.
2) Elektrode von Kupfer 0,45 Millim. Durchm. 0,0340.
3) Elektrode von Platin 0,1 Millim. Durchm. 3,143.

In Beziehung auf den Einfluss des Widerstandes ergaben die

Versuche, dass für Elektroden aus dem nämlichen Metalle, wenn alle übrigen Bedingungen gleich sind, die Erhöhung der Temperatur sich umgekehrt wie die vierte Potenz des Durchmessers verhält.

BECQUEREL unternahm zugleich, die durch den elektrischen Strom in Flüssigkeiten erregte Wärme zu messen, worüber sehr wenige Resultate bekannt sind und wobei zugleich die chemischen Actionen sehr bedeutende Schwierigkeiten in den Weg legen. Als Apparat diente der oben beschriebene, mit der Abänderung, dass er in den Kasten b b′ b″ b‴ statt des kupfernen Gefässes C ein anderes einsetzte. Dieses bestand aus einem Becher von dünnem Platin, welcher ungefähr 25 Gramm Wasser fasste. Durch die Tubulatur B des Deckels wird ein empfindliches Thermometer T herabgesenkt, durch die beiden engen Glasröhren t, t′ aber gehn Metalldrähte, an denen die Blechstreifen L, L′ hängen. Um den Becher ist ein Metalldraht f f′ geschlungen, dessen Ende d in das Quecksilbernäpfchen a⁗ gesenkt wird, das andere in a⁗′, so dass der elektrische Strom vom einen Pole durch den Becher und dessen Flüssigkeit zu den Elektroden L, L′ und dann durch das Ende d′ zum entgegengesetzten Pole gelangt. Nach dieser Vorrichtung steigen die entwickelten Gase durch die Flüssigkeit auf und theilen dieser ihre Wärme mit; allein um dem Wärmeverluste durch Gasification zu entgehn, wählte BECQUEREL den einfacheren Weg, indem er den Becher statt mit Wasser mit der Auflösung eines Metallsalzes füllte und die Elektroden so wählte, dass das Metall an ihnen reducirt wurde, indem er das Ende d (oder vielmehr beide durch die Röhrchen t und t′ geleitete Elektroden) mit dem negativen, das Ende d′ mit dem positiven Pole der Säule verband. Fände hierbei Wärmeerzeugung durch Chemismus statt, so müssten sich, meint er, die entgegengesetzten Wirkungen am Becher und an den Elektroden compensiren.

Fig. 55.

Bei einer Reihe von Versuchen waren im Becher vorhanden 4 Gramm krystallisirtes schwefelsaures Kupfer in 24 Gr. destillirten Wassers gelöst. Diese Masse nebst dem Becher, dem Thermometer und dem Rheophore, alles auf Wasser reducirt, betrug im Ganzen M = 25,412 Gramm. Die Berechnung der erhaltenen Resultate auf die oben angegebene Weise gab dann folgende Grössen:

Vers.	Wärme-mengen	Werth von m	Gasmengen	Wärmem. : (Gasmengen)^2
1	0,8642	0,0177	2,0007	0,2158
2	3,0271	0,0177	3,705	0,2205
3	6,1176	0,0177	5,487	0,2032

Das Mittel der in der letzten Columne erhaltenen Grössen giebt also für 0,21316 entwickelte Wärme 1 Kubikcentimeter Gas in 1 Minute entwickelt. Bei einer zweiten Versuchsreihe bestanden die Elektroden L, L′ aus Zink, und im Becher befanden sich 4 Gr. schwefelsaures Zink in 20 Gr. Wasser gelöst. Hier war M = 22,968, und es wurden folgende Grössen gefunden:

Vers.	Wärme-mengen	Werth von m	Gasmengen	Wärmem. : (Gasmengen)^2
1	0,65275	0,022	1,234	0,4280
2	5,1908	0,022	4,143	0,3024
3	17,9610	0,022	7,504	0,3190
4	30,4326	0,022	8,5827	0,4123

Auch durch diese und andere ähnliche Versuche wurde also der Satz bestätigt, dass die Menge der entwickelten Wärme sich wie die Quadrate der entwickelten Gasmengen oder, was einerlei ist, wie die Quantität der in gleicher Zeit durch die Elektrode strömenden Elektricität verhält. Durch Prüfung des Widerstandes, welchen die beiden Flüssigkeiten dem elektrischen Strome entgegensetzen, nach einem von Becquerel hierfür gewählten Verfahren, ergab sich dann ferner, dass die entwickelte Wärme dem Widerstande gegen die elektrische Leitung direct oder dem Leitungsvermögen der Flüssigkeiten umgekehrt proportional ist, wonach also für diesen eigenthümlichen Fall, wenn keine Gasentwickelung stattfindet, sondern bloss metallische Reduction am negativen und Auflösung am positiven Pole, hinsichtlich des Leitungsvermögens, so wie der Wärme- und Gasentwickelung, die nämlichen Gesetze stattfinden, die für metallische Leiter aufgefunden wurden.

Es blieb noch übrig, den schwereren Fall zu untersuchen, wenn Gasentwickelung statt fand, zu welchem Ende die Elek-

troden L, L' aus Platin bestehn mussten, während das Gefäss Wasser etwas Säure mit enthielt, um es besser leitend zu machen. Zwei hierbei zu berücksichtigende Bedingungen haben zum Glück keinen messbaren Einfluss, zuerst die Verminderung der Wassermasse im Gefässe durch Zersetzung, und zweitens die Wärmemenge, welche die gebildeten Gase mit fortführen. Die erste Grösse schätzt BECQUEREL auf 0,00004 und die zweite ist wohl nicht bedeutender, weil bei weitem die grösste Menge der Wärme beim Durchströmen der Gase durch das gesäuerte Wasser an dieses abgegeben wird. Die erste Grösse liesse sich berechnen, sofern man die Quantität der im Voltameter erzeugten Gase kennt, die der im Gefässe entbundenen gleich ist und daher die Menge des zerlegten Wassers giebt; allein es ist unnöthig, dieses zu berücksichtigen. Die Resultate der Versuche sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

Flüssigkeiten	Wärmezunahme	Entwickelte Wärme	Gasmenge Kub. E.	Wärmemenge : Gasmenge
Gesäuertes Wasser mit $\frac{2}{21}$ Säure . .	5°,25	2,44405	1,039	2,352
	12 ,75	7,58726	2,039	3,720
stärker gesäuert.	5 ,35	2,54228	1,352	1,88
	1 ,10	4,64574	2,095	2,217
	3 ,41	10,317	3,719	2,774
wenig leitend . .	0 ,43	1,1943	0,334	3,5557
	1 ,70	4,4271	1,38	3,2080
	3 ,50	9,0715	2,475	3,6693
desgleichen . . .	0 ,95	2,1396	0,923	2,3181
	6 ,16	8,6596	2,666	2,248

Es lag sehr nahe, das Verhältniss der erzeugten Wärme zu derjenigen, welche durch Verbrennung des gleichzeitig gebildeten Knallgases erhalten worden seyn würde, aufzusuchen, da aber die Wärmeentbindung zugleich vom Widerstande abhängt, so wird hierdurch die Aufgabe schwieriger. Inzwischen ging aus den Resultaten im Allgemeinen hervor, dass bei der Zerlegung des Wassers oder sonstiger zusammengesetzter Körper durch den elektrischen Strom die hierdurch mit Rücksicht auf den Widerstand erzeugte Wärme nicht bloss hinreicht, damit die durch Zerlegung gebildeten Körper ihren neuen Aggregatzustand an-

nehmen, sondern dass auch jederzeit noch ein Ueberschuss vorhanden ist[1].

Versuche über die Wärmeerzeugung durch den Strom der hydroelektrischen Kette hat neuerdings auch LENZ[2] angestellt. Dabei bediente er sich einer Daniell'schen Kette, mass die Stromstärke mittelst der Nervander'schen Tangentenbussole und bewirkte die Gleichmässigkeit der Stromstärke während der Dauer des Versuchs durch Einschaltung eines Agometers; die den Strom leitenden Drähte waren spiralförmig gewunden, gleich lange Spiralen wurden dann nahe zu einem Kreise umgebogen, in einem Glasgefässe an beiden Enden befestigt und das Glas mit einer gemessenen Quantität Alkohol gefüllt, weil diese Flüssigkeit nicht leitet, mithin ihre Wärme bloss durch die Erhitzung des Drahtes erhält. Als leitende Drähte dienten Kupfer, Neusilber, Platin und Eisen, und ihre Masse war gegen die des Alkohols und des Glases so gering, dass sie bei der Bestimmung der Quantität der erwärmten Flüssigkeit füglich vernachlässigt werden konnten, der Einfluss der äusseren Temperatur wurde aber nach RUMFORD's Methode corrigirt. Als Resultate aus wiederholten Versuchsreihen ergab sich, dass die Eigenthümlichkeit der Metalle, mit Auschluss ihres ungleichen Leitungsvermögens, keine messbaren Unterschiede erzeugt, dagegen zeigten sich für alle Spiralen folgende zwei wichtige Gesetze: 1) die Erwärmung eines Drahtes durch den galvanischen Strom ist dem Leitungswiderstande desselben proportional und 2) zugleich dem Quadrate der Stromstärke proportional.

Die Wärmeerscheinungen, welche die Volta'sche Säule darbietet, sind bis zum Zeitpuncte des Erscheinens seines belehrenden Werkes sehr vollständig zusammengestellt worden durch FECHNER[3].

Eine grosse Reihe von Versuchen FARADAY's[4] bezieht sich auf das beim Platinschwamm vorzugsweise sich zeigende Ver-

---

1 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. IX. p. 21.

2 Bullet. de l'Acad. Imp. des Sc. de Petersb. T. II. p. 161. Poggendorff Ann. Bd. LXI. S. 18.

3 In dessen Lehrbuch d. Experimentalphysik von BIOT Th. III.; auch Lehrbuch des Galvanismus von FECHNER. S. 304.

4 Sechste Reihe von Experimental-Untersuchungen. In Phil. Trans. 1834. Poggendorff Ann. Bd. XXXIII. S. 149.

mögen, Knallgas zu verdichten. Zuerst brachte er Platinbleche, welche einige Zeit als Elektroden am positiven oder negativen Pol einer Volta'schen Säule gedient hatten, in ein mit Knallgas gefülltes und mittelst verdünnter Schwefelsäure gesperrtes Gefäss. Sie bewirkten sofort Verdichtung zu Wasser, wobei sie sich sogar erhitzten, die am positiven Pole gewesenen am stärksten. Es zeigte sich bald, dass die Ursache nicht in den Wirkungen des elektrischen Stromes liege, sondern in der Reinigung der Platten von jeder Art Ueberzug. Gold und Palladium zeigten eine ähnliche, aber geringere Wirkung. Nachdem FARADAY hiernächst die anfänglich aus der Elektricität entnommene Erklärung dieses Phänomens durch DÖBEREINER[1], die von DULONG und THÉNARD[2], so wie auch von FUSINIERI[3] aufgestellten erwähnt hat, erklärt er selbst das Phänomen aus einer Verdichtung der Gase auf der blanken Oberfläche der Metalle, zu welcher sie ohne chemische Affinität eine grosse Anziehung haben. Die aus der häufig sich zeigenden Anziehung zwischen verschiedenen Körpern entnommenen Thatsachen, wodurch er diese Ansicht unterstützt, sind bekannt, indess verdienen die zahlreichen Versuche, die er zur näheren Beleuchtung des Phänomens angestellt hat, die Beachtung der Physiker.

Den Widerspruch, welchen N. W. FISCHER (Bd. X. S. 539) gegen die durch DESPRETZ aufgefundene Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle erhoben hat, suchte derselbe[4] später näher aufzuklären, stellte daher neue Versuche an, indem er feinere 0,3 Lin. und dickere 1,7 Lin. im Durchmesser haltende, 8 Z. 10 Lin. lange Drähte mit dem einen Ende in siedendes Wasser oder heisses Oel, mit dem andern in Gefässe mit Oel von der Temperatur der Umgebung tauchen liess und die Temperatur der letzteren Oels mass, wenn sie stationär geworden war. Bei Anwendung der dünnen Drähte betrug der Ueberschuss über die Temperatur der Umgebung

für 100° bei Kupfer 12°; bei Eisen 7°; bei Platin 6°;
für 200 — — 43°; — — 32°; — — 30°.

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XXIV. p. 94.
2 Ebend. XXIII. p. 440. T. XXIV. p. 380.
3 Brugnatelli Giornale di ficica. 1825. T. VIII. p. 259.
4 Poggendorff Ann. Bd. LII. S. 632.

bei Anwendung der dickeren Drähte
für 100° bei Kupfer 20°; bei Eisen 5°; bei Platin 4°;
für 200° — — 26°; — — 8°; — — 9°.

Sofern nun bei den dickeren Drähten und für höhere Temperaturen das Platin dem Eisen vorauseilt, könnte wohl die Leitungsfähigkeit des Platins bei Anwendung noch dickerer Stangen selbst die des Kupfers übertreffen. Hiernach würde also das Wärmeleitungsvermögen der Metalle durch die Dicke der Stangen und die angewandte Hitze bedingt. Beiläufig möge hier bemerkt werden, dass das Vorurtheil, als ob die Wärme in Drähten leichter aufsteige, als herabsinke, welches durch PICTET's Versuche (Bd. X. S. 112) unterstützt wird, ungegründet ist. Feine von mir und den Doctoren POULSEN und KNOP angestellte Versuche mit Kupferdraht zeigen, dass die Richtung der Drähte auf die Wärmeleitung gar keinen Einfluss hat.

Von grosser Wichtigkeit sind die Versuche, welche DE LA PROVOSTAYE und PAUL DESAINS[1] über die latente Wärme des aus dem Eise erhaltenen Wassers angestellt haben und welche von BIOT, POUILLET und REGNAULT nach Wiederholung und Prüfung völlig bestätigt wurden. Man setzte diese Grösse nach den Versuchen von LAVOISIER und LAPLACE bisher = 75° C. (Bd. X. S. 840). Die neuere Bestimmung zeigt aber, dass die anfänglich durch BLACK erhaltene = 80° C. die richtigere war. Bei den neuesten Versuchen wurde eine gewogene Quantität Wassers in einem Gefässe von dünnem Messingblech auf drei Spitzen gestellt, um alle Ableitung der Wärme, ausser durch Strahlung, zu vermeiden; in das Wasser wurde ein mit Fliesspapier getrocknetes Stück Eis geworfen und das Gefäss nach dem Schmelzen abermals gewogen. Indem die unvermeidlichen Fehler corrigirt waren, namentlich die wichtigsten, aus der Wärmeänderung durch Strahlung entspringenden, weil die Umstände nicht gestatteten, die bekannte Rumford'sche Methode in Anwendung zu bringen, so ergab die bekannte Formel der Vermengungen, wonach

1 Compt. rend. T. XVI. p. 837. 977. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. VIII. p. 5. Bibl. univ. de Genève. 1843. N. 89. p. 141. Poggendorff Ann. Bd. XLIX. S. 163. Bd. LXII. S. 30.

$$\frac{M}{m}(T - \Theta) = L + \Theta$$

ist, wenn M und m die Massen des Wassers und Eises, T und Θ die Anfangs- und End-Temperaturen und L die latente Wärme bezeichnen, aus 40 Versuchen mit Anwendung von zwei genau geprüften Thermometern die latente Wärme des Eises = 79°,1 C., welches nicht um 0°,3 vom absoluten Werthe abweicht.

Ueber die latente Wärme oder die Flüssigkeitswärme anderer Körper hat auch C. Despretz[1] Versuche angestellt, die aber noch nicht weit genug gediehen sind, um die erhaltenen Resultate anzugeben. Sie erstreckten sich auf das Verhalten des Schwefels, Phosphors und Quecksilbers und führten vorläufig zu folgenden Resultaten: 1) die Wärmecapacität der Körper ist im flüssigen Zustande grösser, als im festen; 2) die latenten Wärmen stehen beinahe im umgekehrten Verhältnisse der Atomgewichte.

Ueber die specifische Wärme der Körper hat Victor Regnault[2] noch einige Resultate bekannt gemacht, die theils durch einige bereits ältere, theils durch neuere Versuche erhalten worden sind. Mit Weglassung der in der Tabelle (Bd. X. S. 824 ff.) enthaltenen Bestimmungen theile ich hier folgende mit:

Alkohol, gemeiner	0,6588
„ schwächerer	0,8413
„ noch schwächerer	0,9402
Camphilen	0,4518
Chlorcalciumlösung	0,6448
Citronenöl	0,4879
Essigsäure	0,6502
Orangenöl	0,4886
Petrolen	0,4684
Tereben	0,4656
Terebilen	0,4580
Terpentinöl	0,4672 0,4140

1 Compt. rend. T. XI. p. 806. Poggendorff Ann. Bd. LII. S. 182.
2 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. IX. p. 322. Poggendorff Ann. Bd. LXII. S. 50.

Cymbelmetall[1], sprödes	0,0858
„ weiches	0,0862
Glasthränen, harte	0,1923
„ gekühlte	0,1937
Schwefel, natürlich krystallisirter	0,1776
„ seit 2 Jahren geschmolzen	0,1761
„ seit 2 Monaten geschmolzen	0,1803
„ frisch geschmolzen	0,1844
Stahl, gehärtet	0,1175
„ weicher	0,1165

Die (Bd. X. S. 915) bereits erwähnte, von DESPRETZ beobachtete gleichmässige regelmässige Ausdehnung des ruhig stehenden Wassers unter dem Gefrierpuncte ist seitdem vom Grafen SALM-HORSTMAR[2] durch abermalige Versuche bestätigt.

Das Verhalten des Wasserdampfes hinsichtlich seiner latenten Wärme, Elasticität und Dichtigkeit galt stets für eins der wichtigsten Objecte der physikalischen Forschungen, und daher sind in dem kurzen Zeitraume seit der Abfassung des zugehörigen Artikels (Bd. X. S. 1055) sehr wichtige Beiträge hinzugekommen, deren Nachtragung hier der Vollständigkeit wegen erfordert wird. Zuerst hat DE PAMBOUR[3] das von WATT aufgefundene, von SHARPE und CLÉMENT bestätigte Gesetz, wonach der Wasserdampf bei jeder Temperatur dieselbe Wärmemenge enthält, so lange er sich in dem seiner Temperatur zugehörigen Maximum der Dichtigkeit befindet, abermals geprüft und richtig befunden. PAMBOUR setzt die Summe der freien und latenten Wärme, vom 0 Puncte des Centesimalthermometers an gerechnet, auf 650° C. und bestätigt die aus dem Gesetz hervorgehende, für die praktische Anwendung wichtige Folgerung, dass der aus dem Kessel in die Maschinentheile tretende Dampf mit einem Theile seiner Wärme auch einen Theil seiner Elasticität verliere, durch eine grosse Reihe von Versuchen, indem er ein Thermometer und Luftmanometer

1 Von einer nach D'ARCET's Methode aus 80 Th. Kupfer und 20 Th. Zinn verfertigten Cymbel.

2 Poggendorff Ann. Bd. LXII. S. 283.

3 Traité théorique et pratique des Machines locomotives. 2me éd. Poggendorff Ann. Bd. LIX. S. 587.

Uu*

gleichzeitig sowohl in dem Dampfkessel, als auch in der Röhre anbrachte, durch welche der Dampf, nachdem er seine Wirkung in der Maschine geäussert, bei verschiedenen Locomotiven ausströmte.

Die latente Wärme der Dämpfe des Wassers, des absoluten Alkohols, des Schwefeläthers, des Terpentinöls und des Citronenöls ist aufs neue von W. Brix[1] durch grosse Versuchsreihen bestimmt worden. Der Apparat, dessen er sich bediente, bestand aus einer Glasretorte mit etwas gebogenem Halse, welche die zu untersuchende Flüssigkeit enthielt und durch eine Weingeistlampe erhitzt wurde. Das Ende des Halses ward dampfdicht in ein Blechrohr gesteckt, durch welches der Dampf in ein cylindrisches Kühlgefäss mit doppelten parallelen Wandungen trat, dessen Bestimmung war, das sonst in den Calorimetern befindliche Schlangenrohr zu ersetzen. Letzteres stand in einem grösseren, mit Wasser gefüllten und durch einen Deckel verschlossenen Gefässe; beide aber, nebst einem mit einem aufrecht stehenden Drahte versehenen Metallringe, welcher durch Auf- und Abwärtsbewegen zum Umrühren des Wassers diente, waren aus dünnem Messingblech verfertigt, um die geringe Masse derselben desto leichter auf das Wasser des Calorimeters zu reduciren. Durch den Deckel des Wassergefässes trat eine aufrechtstehende Röhre des Kühlgefässes mit einem Thermometer, um die aus der Flüssigkeit entbundene Luft austreten zu lassen und deren Temperatur zu messen; durch die Mitte des Deckels aber war das Thermometer herabgesenkt, mittelst dessen die Temperatur des Kühlwassers gemessen wurde. Nach Anbringung aller ausführlich berechneten Corrigirungen fand er im Mittel die latente Wärme von ihrem Siedepuncte an gerechnet

des Wassers = 540^0 C.,
des Alkohols = 214,25 oder vielleicht richtiger 210,75,
des Schwefeläthers = 89,96.,
des Terpentinöls = 74,04 oder vielleicht richtiger 78,06,
des Citronenöls = 79,81.

Die Unsicherheit dieser Resultate schätzt er nicht höher als 6^0,25 C., und es dürfte sonach die latente Wärme des Was-

1 Poggendorff Ann. Bd. LV. S. 341.

serdampfes bei 0° C. wohl nicht höher, als 645° C. vom Eispuncte an gerechnet angenommen werden.

Ein von dem bisher üblichen gänzlich abweichendes Verfahren zur Bestimmung der latenten Wärme der Dämpfe hat Person[1] gewählt; es kann aber hier nicht untersucht werden, ob und wie weit die dadurch erhaltenen Resultate Vertrauen verdienen. Er liess einen Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit auf einer heissen Metallplatte, Silber oder Platin, nach Art des Leidenfrost'schen Versuches verdampfen und bestimmte dann die latente Wärme, von ihm Vaporisationswärme genannt, aus dem Gewichte des Tropfens, der Zeitdauer des Verdampfens und der Wärme des Metallgefässes, die durch Eintauchen in Wasser gefunden wurde. Seine Bestimmungen erstrecken sich auf folgende 14 Flüssigkeiten:

Schweflige Säure . . .	95,0
Chlorwasserstoffäther . .	95,3
Schwefeläther	90,8
Brom	97,0
Wasserfreie Schwefelsäure	100,0
Schwefelkohlenstoff . .	105,0
Holzgeist	291,0
Alkohol	207,7
Wasser	543,0
Terpentinspiritus . . .	76,8
Iod	84,0
Schwefel . , ...	120,0
Schwefelsäure	122,0
Quecksilber	62,0

Ueber das Freiwerden der Dämpfe aus tropfbaren Flüssigkeiten hat Magnus[2] eine beachtenswerthe Erfahrung bekannt gemacht. In einer U-förmig gebogenen, an einem Ende verschlossenen Glasröhre befand sich etwas durch Quecksilber abgesperrtes Wasser. Durch den Einfluss der Wärme mussten sich aus dem Wasser Dämpfe von einer der Temperatur proportionalen Elasticität entwickeln, einen Raum über dem Wasser einneh-

1 L'Instit. 1843. Sept. N. 507. p. 310. Compt. rend. 1843. Sept. Bibl. univ. de Genève. 1843. Oct. N. 49.

2 Poggendorff Ann. Bd. LXI. S. 248.

men und das Quecksilber im anderen Schenkel steigen machen. Dieses geschah auch wirklich, wenn sich nur die kleinste Luftblase über dem Wasser befand; war diese aber nicht vorhanden, nachdem das Wasser sie absorbirt hatte, so musste die Temperatur bedeutend erhöhet werden, bis die dann plötzlich freiwerdenden Dämpfe das Quecksilber im anderen Schenkel herausschleuderten. MAGNUS bemerkt, dass schon WATT und SOUTHERN [1] ähnliche Erscheinungen wahrgenommen haben, und findet die Erklärung darin, dass die erhöhte Elasticität der Dämpfe die Cohäsion der Flüssigkeit überwinden muss. Das Phänomen ist ganz analog dem von Anderen und vorzüglich von mir bemerkten (Bd. X. S. 1029), dass Flüssigkeiten in Thermometern weit über ihren Siedepunct erhitzt werden müssen, dann aber plötzlich siedend aus dem Röhrchen geschleudert werden.

Das Problem, die den verschiedenen Temperaturen zugehörigen Elasticitäten des Wasserdampfes durch Versuche zu ermitteln und einen allgemeinen analytischen Ausdruck hierfür aufzufinden, gilt immerhin noch nicht für vollständig gelöst, und es verdienen daher einige hierauf gerichtete werthvolle Bemühungen hier nachträglich erwähnt zu werden. Die von EGEN aufgefundene Formel zur Berechnung der Elasticität des Wasserdampfes (Bd. X. S. 1068) lässt sich nicht umkehren, um aus der gegebenen Elasticität des Wasserdampfes die zugehörige Temperatur zu finden. Eben dieses ist bei der neuen, durch AUGUST [2] gegebenen der Fall, wobei übrigens die neuesten Versuche der pariser Commission gleichfalls benutzt worden sind. AUGUST findet für die Temperatur = t in Graden der achtzigtheiligen Scale

$$e = \left[\frac{8019\,(826{,}7 + t)}{1000000000}\right]^{\frac{80 - t}{80 + \frac{1}{8} t}}$$

die Elasticität = e in Atmosphären. STREHLKE [3] findet es daher geeigneter, zu der älteren von AUGUST aufgestellten Formel, wonach

---

1 ROBISON system of mech. philos. T. II. p. 31. 170.

2 E. G. FISCHER Lehrb. d. mechanischen Naturlehre. Herausgeg. von AUGUST. Bd. I. S. 596.

3 Poggendorff Ann. Bd. LVIII. S. 334.

$$e = a m^{\frac{t}{1+\beta t}}$$

ist und die bereits (Bd. V. S. 641) mitgetheilt wurde, zurückzukehren. Diesem nach setzt er $a = 2{,}242$ par. Lin., legt die elf genauesten Resultate aus den Versuchen der pariser Commission zum Grunde, und findet dann $\log . m = 0{,}03868508$ und $\beta = 0{,}00529709$, wodurch e bei 0° R. in pariser Linien bestimmt wird. Hieraus erhält man eine Formel für t in Graden der 80theil. Scale, nämlich

$$t = \frac{1}{-\beta + \frac{\log . m}{\log . e - \log . a}}.$$

Eine Tabelle der hiernach berechneten und der durch Versuche gefundenen Elasticitäten in par. Linien zeigt hinlänglich genaue Uebereinstimmung.

Verdienstlicher und der Wissenschaft eine Erweiterung zuführend sind Versuche, welche MAGNUS[1] angestellt hat, um die Elasticität des Wasserdampfes zwischen $-6^0{,}6$ und $+104^0{,}6$ C. zu messen. Hierbei diente eine U-förmig gebogene Röhre, deren Schenkel etwa 4 F. Länge hatten. Das eine verschlossene Ende derselben war mit einer Kugel versehn, mit Quecksilber gefüllt, und nachdem dieses durch Auskochen von aller Luft befreit war, liess sich mit leichter Mühe ein wenig ausgekochtes Wasser in die Kugel bringen. Das andere war durch eine dünne Röhre mit einer Luftpumpe in Verbindung gebracht, so dass das Quecksilber in beiden Enden gleich hoch stand, mit einem Unterschiede, welchen das Barometer an der Luftpumpe angab, ausserdem aber zu grösserer Sicherheit ein mit dem Apparate verbundenes Manometer, bestehend aus einer U-förmig gebogenen Röhre, deren Schenkel 3 Fuss Länge hatten und deren einer mit Quecksilber gefüllt war. Eine mit vorzüglicher Sorgfalt hergestellte Vorrichtung, derjenigen gleich, die bei den Versuchen zur Bestimmung der Ausdehnungsgesetze der Luft gebraucht worden war, diente dazu, um dem Dampfelasticitätsmesser genau die durch das Thermometer an-

1 Poggendorff Ann. Bd. LXI. S. 225. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. XII. p. 69. eine vorläufige Uebersicht giebt L'Institut. XIIme Ann. N. 537. p. 129. Journal für praktische Chemie. Bd. XXXII. S. 1.

gezeigte Temperatur zu geben und eine gehörige Zeit zu erhalten, was zwar mit genügender Sicherheit, zugleich aber mit einem grossen Aufwande von Zeit mittelst schlechter Wärmeableitung bewerkstelligt wurde. Es leuchtet ein, dass mit dieser Vorrichtung die Elasticitäten des Dampfes nicht bloss bei niedrigerem Drucke, als dem atmosphärischen, sondern auch bei höherem messbar waren, wozu bloss erfordert wurde, mit der Luftpumpe zugleich zu comprimiren. Die durch mehr als 100 Versuche erhaltenen Werthe stimmen sehr mit denen von DALTON gefundenen überein, sind etwas grösser zwischen 18° und 88° und etwas kleiner in den höheren Temperaturen. Mit besonderer Sorgfalt wurde die Elasticität für 0° C. gesucht und aus 7 Versuchen = 4,525 Millim. gefunden, welche Bestimmung von der durch mich (Bd. II. S. 340) gefundenen = 2,04 par. Lin. oder 4,602 Millim. nur um — 0,07 Millim. abweicht. Für die sämmtlichen Beobachtungen fand er als am besten geeignet die Interpolationsformel

$$e = a \, . \, b^{\frac{t}{\gamma + t}},$$

worin e die Elasticität in Millim. bezeichnet, die übrigen Bezeichnungen, ausser t, die Centesimalgrade der Temperatur, unbekannt sind. Für t = 0 ist aber

$$e = a = 4{,}525 \text{ und für } t = 100,$$

$$e = 760 \text{ Millim.} = 4{,}525 \, . \, b^{\frac{100}{\gamma + 100}},$$

welches das Verhältniss zwischen b und γ giebt. Zu einer zweiten Gleichung für γ wurden 10 der genauesten Beobachtungen gewählt und hierdurch

$$e = 4{,}525 \, . \, 10^{\frac{7{,}4475\,t}{234{,}69\,t}}$$

gefunden. Es kann hier noch bemerkt werden, dass BIOT[1] die eben erwähnten Versuche und Rechnungen geprüft hat und ihnen den entschiedenen Vorzug vor denen giebt, welche REGNAULT dem Institute übergeben hat, was jedoch wohl nicht ohne Anfechtung bleiben dürfte.

Von weit grösserem Umfange ist nämlich die Reihe von Untersuchungen, welche VICTOR REGNAULT[2] begonnen, aber noch

1 L'Institut. a. a. O. N. 536. p. 113.

2 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. XI. p. 273.

nicht beendigt hat. Seine Absicht ist, das Verhalten der Wasserdämpfe überhaupt, namentlich also ihre Elasticität, latente Wärme und Dichtigkeit, so wie auch die specifische Wärmecapacität des Wassers bei verschiedenen Temperaturen, durch sorgfältig angestellte Experimente genau zu bestimmen, weil ihm alle bisherigen Bemühungen des ausserordentlichen dabei angewandten Fleisses ungeachtet für eine genügende Theorie der Dampfmaschine noch nicht zureichend erscheinen. Wegen der Wichtigkeit des Problems ist ihm die erforderliche Unterstützung von Seiten der Regierung dabei zu Hülfe gekommen, und man muss gestehen, dass die von ihm angewandten Apparate nichts zu wünschen übrig lassen, auch sind die Versuche in einem solchen Masse vervielfacht, dass man neben der Bewunderung der auf sie verwandten Mühe mit Recht der Wahrheit möglichst sich annähernde Resultate erwarten muss. Bis jetzt erstrecken sich seine bekannt gewordenen Versuche bloss auf die Elasticität des Wasserdampfes zwischen den Temperaturen von —32°,84 bis 147°,5 C. Temperatur.

Die eine Abtheilung seiner Versuchsreihen wurde mit zwei gleichen Barometern angestellt, die in ein gemeinschaftliches Quecksilbergefäss tauchten, in deren einem sich eine kleine Quantität durch Sieden von aller Luft befreiten Wassers befand. Die oberen Enden beider Barometer waren durch einen Kasten mit zwei einander gegenüber stehenden Seiten von Spiegelglas umgeben, deren parallele Flächen gegen die Brechung der Lichtstrahlen sicherten, und indem dieser Behälter mit Wasser oder einer kaltmachenden Mischung gefüllt wurde, welche wegen der mittelst untergehaltener Weingeistflamme erhöhten oder in Folge des Zergehens der Kälte erzeugenden Substanzen herabgehenden Temperatur stets umgerührt werden mussten, so gab der mit einem Kathetometer gemessene Unterschied der Quecksilberhöhen, für den Druck des kleinen Wassercylinders und die durch ihn erzeugte Capillarattraction corrigirt, die Elasticität des Wasserdampfes für die stationär gewordene Temperatur. Diese Vorrichtung war indess bloss für Temperaturen bis 58°,62 brauchbar, weil über diese hinaus die einzelnen Schichten des Wassers von zu ungleicher Wärme waren. Ein zweiter Apparat bestand aus einer Kugel, worin sich ein kleiner, mit luftleerem Wasser gefüllter Behälter befand, die Kugel selbst aber stand sowohl mittelst einer

gebogenen Röhre mit dem offenen Schenkel eines Heberbarometers, als auch mittelst einer zweiten mit einer Luftpumpe in Verbindung. Durch 25mal wiederholtes Exantliren nach wieder eingelassener künstlich getrockneter Luft wurde sowohl die Kugel, als auch die Verbindungsröhre mit dem Barometer von aller Feuchtigkeit befreit. Nachdem sie darauf, in dem beschriebenen Behälter mit zerstossenem Eise umgeben, möglichst stark evacuirt und das Verbindungsrohr mit der Luftpumpe mittelst der Blaslampe zugeschmolzen worden war, zeigte das Barometer den Druck der noch zurückgebliebenen Luft bei 0^0 Temperatur. Nach Fortschaffung des Eises fiel es nicht schwer, den im Innern der Kugel befindlichen Behälter durch Erhitzung zu zersprengen, und das Heberbarometer zeigte dann die Elasticität des in der Kugel gebildeten Wasserdampfes, wenn dieselbe entweder mit Wasser, oder einer kaltmachenden Mischung umgeben war, deren Temperatur durch zwei sehr genaue, neben ihr befindliche Thermometer dann, wenn sie eine gehörige Zeit stationär geblieben waren, bestimmt wurde. Mit Uebergehung eines dritten Apparates, eines Heberbarometers, in dessen verschlossenem Schenkel sich eine geringe Quantität der zu prüfenden Flüssigkeit befand, dessen offener Schenkel aber durch eine feine gebogene Röhre mit einer Röhre in Verbindung stand, in welcher man mittelst einer ihr parallelen dritten Röhre eine Quecksilbersäule willkürlich vergrössern oder vermindern konnte, so dass die in der Verbindungsröhre des offenen Schenkels befindliche Luft, welcher die im verschlossenen Schenkel befindlichen Dämpfe das Gleichgewicht hielten, verdichtet oder verdünnt wurde, verdient besonders auf einen vierten die Aufmerksamkeit gerichtet zu werden, welcher vorzugsweise geeignet ist, die den höheren Temperaturen zugehörigen Elasticitäten zu messen. Dieser, welcher einem früher von Dulong[1] zum Messen der Elasticität der Dämpfe bei niederen Temperaturen empfohlenen sehr gleicht, besteht aus einem kupfernen Gefässe, in welchem die Flüssigkeit unter verschiedenem Drucke zum Sieden gebracht wird. Vier eiserne Röhren gehen vom dampfdicht schliessenden Deckel in das Gefäss herab, zwei so tief, dass die Flüssigkeit sie umgiebt, zwei dagegen reichen bloss bis in den Dampf; in jeder derselben befindet sich Queck-

1 Lamé cours de physique de l'école polyt. Par. 1836. T. I. p. 437.

silber mit einem eingesenkten Thermometer. Aus dem Gefässe geht ein etwas aufsteigendes Rohr in einen Ballon, welcher in einem Gefässe mit Wasser von der Temperatur der umgebenden Luft steht, der mittlere Theil der Röhre selbst aber ist mit einer weiteren Röhre umgeben und wird mittelst durch diese strömenden Wassers stets abgekühlt, damit die niedergeschlagenen Dämpfe wieder in das Gefäss zurückfliessen. Der Hals der Kugel steht durch eine horizontal aus ihm auslaufende Röhre mit dem kürzeren Schenkel einer heberförmig gebogenen, mit Quecksilber gefüllten, auf einer verticalen Scale befestigten Barometerröhre in Verbindung, das obere, durch einen Hahn verschliessbare Ende desselben endigt aber in eine krummgebogene Röhre, mittelst welcher die Kugel luftleer gemacht oder mit verdichteter Luft gefüllt werden kann. Wenn also das Wasser im Gefässe erhitzt wird, so erreicht es unter dem durch den Inhalt der Kugel gegebenen Luftdrucke die Siedehitze, und dass das Sieden eingetreten sey, ergiebt sich aus dem Stillstande der Thermometer bei demjenigen Stande des Quecksilbers in der Barometerröhre, welcher zugleich die Elasticität der Dämpfe misst, indem diese dem negativen oder positiven Unterschiede der Quecksilbersäulen in den beiden Schenkeln der Barometerröhre und bei der Gleichheit derselben dem jedesmaligen atmosphärischen Drucke gleich ist, denn der zweite bedeutend lange Schenkel der Barometerröhre ist am oberen Ende offen.

Unter den zahlreichen Bestimmungen der den verschiedenen Temperaturen zugehörigen Elasticitäten des Wasserdampfes ist eine der wesentlichsten die durch 64 Beobachtungen erhaltene für den Nullpunct des Thermometers, welche im Mittel 4,6 Millim. oder sehr nahe 2,04 par. Linien beträgt. Dieser Werth ist etwas grösser, als der von Magnus erhaltene, stimmt aber vollkommen genau mit dem überein, welchen ich selbst (Bd. II. S. 340. Bd. X. S. 1069) bei meinen Versuchen über die Dichtigkeit der Dämpfe gefunden habe [1], nämlich 2,04 par. Lin. oder 4,602

1 Diese unerwartet, fast absolut genaue Uebereinstimmung ist wohl zum Theil zufällig, lässt sich aber daraus erklären, dass ich bei allen Versuchen von 0° Temperatur ausging und daher aus allen auch gerade diese Bestimmung erhielt, statt dass die übrigen auf einer geringeren Zahl von Messungen beruhn.

Millim. Dürfen wir diese Grösse als genau betrachten, so lässt sich hieraus die constante Correction entnehmen, welche bei dem vortrefflichen, von PRECHTL erfundenen, Dampfmesser (Bd. X. S. 1686) angebracht werden muss, wenn er sich längere Zeit in einem Raume von 0^0 Temperatur befunden hat, und es ist dann leicht, die Elasticität des Wasserdampfes bis zu den tiefsten Temperaturen im Freien, ohne Aufwand künstlicher Mittel oft wiederholt, zu messen, wenn man nur dafür Sorge trägt, dass die Temperatur des Raumes, worin sich der Apparat befindet, lange genug constant bleibt.

REGNAULT gesteht zu, was auch im Wörterbuche als theoretisch begründet angegeben worden ist, dass es einen analytischen Ausdruck für die Elasticität des Wasserdampfes als Function der Temperatur für höhere sowohl, als auch niedere Thermometergrade geben müsse, und er will einen solchen Ausdruck auch künftig aufsuchen, wenn seine Versuche noch weiter gediehen sind. Vorläufig hat er für die Temperaturen zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers die Formel von BIOT[1] gewählt, wonach

$$\log . e = a + b\alpha^t + c\beta^t$$

ist, wenn e die Elasticität in Millim., t die Temperatur in Centesimalgraden bezeichnen, die 5 anderen Grössen aber aus den Beobachtungen genommen werden. Aus fünf für 0^0; 25^0; 50^0; 75^0 und 100^0 gemessenen Werthen ergiebt sich

$$\log . \alpha = 0{,}0068650$$
$$\log . \beta = \bar{1}{,}9967249$$
$$\log . b = \bar{2}{,}1340339$$
$$\log . c = 0{,}6116485$$
$$a = 4{,}738438.$$

Diese Formel giebt Werthe, welche den beobachteten sehr nahe kommen, so lange die Temperaturen innerhalb der festen Puncte des Thermometers bleiben, für Grade unter 0^0 sind aber die berechneten Werthe stets grösser, als die beobachteten, und der Unterschied steigt bei -25^0 schon auf 0,25 Millim., was gewiss absolut nicht viel ist; doch wählte REGNAULT zur Berechnung folgenden einfachen Ausdruck:

$$e = a + b\alpha^x,$$

1 Compt. rend. T. XII. p. 150.

worin $x = t - 32^0$ ist. Aus drei Beobachtungen für

$$t = -32;\quad x = 0;\quad e = 0{,}31 \text{ Millim.}$$
$$t = -16;\quad x = 16;\quad e = 1{,}18 \quad -$$
$$t = 0;\quad x = 32;\quad e = 4{,}60 \quad -$$

erhielt er

$$\log . b = \overline{1}{,}4724984$$
$$\log . \alpha = 0{,}0371566$$
$$a = 0{,}0131765.$$

Die Thermometer, womit die höheren Temperaturen gemessen wurden, hatten Gefässe von Krystallglas, und stimmten nicht so genau unter sich überein, als sich nach der Sorgfalt bei ihrer Verfertigung erwarten liess, auch führte eine unmittelbare Vergleichung derselben mit einem Luftthermometer zu keinen genügenden Resultaten. Regnault behält sich vor, diese Untersuchungen noch fortzusetzen, wenn er die Elasticitäten für höhere Temperaturen bestimmt haben wird. Unterdess hat er für die Berechnung die letzte einfache Formel beibehalten, und aus drei Beobachtungen für

$$t = 100^0;\quad e = 760{,}0 \text{ Millim.}$$
$$t = 123;\quad e = 1621{,}0 \quad -$$
$$t = 146;\quad e = 3177{,}0 \quad -$$

für die Formel

$$\log . e = a - b\alpha^x;\quad x = t - 100^0$$
$$\log . \alpha = \overline{1}{,}9977641$$
$$\log . b = 0{,}4692291$$
$$a = 5{,}8267890$$

gefunden. Die berechneten Werthe weichen bedeutend ab, bis 13,2 Millim.; allein da bei höheren Temperaturen die Elasticitäten so stark zunehmen, so gehört diese Abweichung dennoch nur zu $0^0{,}15$, und dürfte daher wohl noch innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler liegen.

Man sieht, dass nach Regnault's eigenem Urtheile die Aufgabe in ihrem ganzen Umfange nicht mit absoluter Vollständigkeit gelöst ist, allein die Genauigkeit der hier erhaltenen Werthe dürfte dennoch die aller früheren durch Beobachtung und Berechnung gefundenen übertreffen, und es ist daher gewiss angemessen, wenn ich bei der grossen Wichtigkeit der Sache und der öfteren Anwendung dieser Grössen die Tabelle

der Elasticitäten von — 32° bis 100° C. hier mittheile. Dass für t = 0 die Elasticität e = 4,6 Millim. sey, ist oben bereits angegeben worden.

t	e	t	e	t	e	t	e
	Millim.		Millim.		Millim.		Millim.
— 32°	0,310	2°	5,302	35°	41,83	68°	213,6
— 31	0,336	3	5,687	36	44,20	69	223,2
— 30	0,365	4	6,097	37	46,69	70	233,1
— 29	0,397	5	6,534	38	49,30	71	243,4
— 28	0,431	6	6,998	39	52,04	72	254,1
— 27	0,468	7	7,492	40	54,91	73	265,1
— 26	0,509	8	8,017	41	57,91	74	276,6
— 25	0,553	9	8,574	42	61,06	75	288,5
— 24	0,602	10	9,165	43	64,35	76	300,8
— 23	0,654	11	9,792	44	67,79	77	313,6
— 22	0,711	12	10,46	45	71,39	78	326,8
— 21	0,774	13	11,16	46	75,16	79	340,5
— 20	0,841	14	11,91	47	79,09	80	354,6
— 19	0,916	15	12,70	48	83,20	81	369,3
— 18	0,996	16	13,54	49	87,50	82	384,4
— 17	1,084	17	14,42	50	91,98	83	400,1
— 16	1,179	18	15,36	51	96,66	84	416,3
— 15	1,284	19	16,35	52	101,5	85	433,0
— 14	1,398	20	17,39	53	106,6	86	450,3
— 13	1,521	21	18,49	54	111,9	87	468,2
— 12	1,656	22	19,66	55	117,5	88	486,7
— 11	1,803	23	20,89	56	123,2	89	505,8
— 10	1,963	24	22,18	57	129,3	90	525,5
— 9	2,137	25	23,55	58	135,5	91	545,8
— 8	2,327	26	24,99	59	142,0	92	566,8
— 7	2,533	27	26,51	60	148,8	93	588,4
— 6	2,758	28	28,10	61	155,8	94	610,7
— 5	3,004	29	29,78	62	163,2	95	633,8
— 4	3,271	30	31,55	63	170,8	96	657,5
— 3	3,553	31	33,41	64	178,7	97	682,0
— 2	3,879	32	35,36	65	186,9	98	707,3
— 1	4,224	33	37,41	66	195,5	99	733,3
+ 1	4,940	34	39,57	67	204,4	100	760,0

Regnault vergleicht die dem Siedepuncte nahe liegenden, von ihm selbst gefundenen Elasticitäten des Wasserdampfes mit denjenigen, welche Bravais und Peltier[1] bei ihrer Besteigung

1 Compt. rend. T. XVIII. p. 572.

des Faulhorn im Sommer 1842 mittelst des Thermobarometers erhielten, findet aber die Ursache der geringen Uebereinstimmung in der Mangelhaftigkeit des gebrauchten Thermometers. Weit besser stimmen die Beobachtungen überein, welche MARIÉ[1] auf dem Pila im December 1843 anstellte, indem die grössten Unterschiede nur 1,12 und —0,11 Millim. betragen.

Gelegentlich füllte REGNAULT in den Ballon des Apparates 300 Gramm Quecksilber und exantlirte ihn so weit, dass noch eine 4,22 Millim. betragende Luftmenge bei 0° C. zurückblieb, deren Ausdehnung berechnet und als Correction angebracht wurde. Hierbei erhielt er für

0°,00	Temper.	0,000	Millim.	Elasticität
23 ,57	„	0,068	„	„
38 ,01	„	0,098	„	„
100 ,60	„	0,555	„	„

In einer zweiten Versuchsreihe wurde der Ballen sehr stark evacuirt, und die gefundenen Werthe waren

0°,00	Temper.	0,000	Millim.	Elasticität
25 ,39	„	0,034	„	„
49 ,15	„	0,087	„	„
72 ,74	„	0,183	„	„
100 ,11	„	0,407	„	„

Die erhaltenen Werthe zeigen wenig Uebereinstimmung, doch liegen die Unterschiede in den Grenzen der Beobachtungsfehler und führen zu dem Resultate, dass die Elasticität des Quecksilberdampfes für 100° C. ungefähr 0,5 Millim., für 50° etwa 0,1 Millim. beträgt. Für höhere Temperaturen umgab er die Kugel mit Oel und erhielt folgende Werthe:

100°,6	Temper.	0,56	Millim.	Elasticität
136 ,3	„	3,46	„	„
177 ,9	„	10,72	„	„
200 ,5	„	22,01	„	„

Die Bestimmung für 200° hält er für offenbar falsch wegen beginnender Destillation des Quecksilbers; indess sehe ich nicht wohl ein, wie diese bei der Construction des Apparates nachtheilig wirken konnte, ausser sofern hierdurch die Quecksilbersäule merklich erwärmt wurde.

---

1 Compt. rend. T. XVIII. p. 252.

Es sind mehrere werthvolle Versuche bekannt geworden, das Verhalten der Wasserdämpfe aus bekannten Gesetzen auf theoretischem Wege abzuleiten. Hierher gehören die Untersuchungen des Barons F. v. WREDE[1], welcher als bewiesen voraussetzt, dass die Summe der freien und latenten Wärme des Wasserdampfes eine constante Grösse sey, und dass sich derselbe übrigens ganz wie die Gase verhalte, mithin auch die diesen zugehörige Ausdehnung durch Wärme habe. Durch den Calcül, welchen aufzunehmen der Raum verbietet, gelangt er zu einer der von ROCHE (Bd. X. S. 1062) dem Wesen nach gleichen Formel für die Elasticität = p des Wasserdampfes, nämlich:

$$\log. p = M\left(\frac{t}{\frac{1}{\alpha} + t}\right) \text{ oder } = \frac{5{,}61\ t}{274{,}24 + t},$$

wenn p den Druck in Atmosphären, t die Temperatur vom Siedepuncte an, α den Ausdehnungscoefficienten der Luft und M einen aus den neuesten französischen Versuchen entnommenen Coefficienten bezeichnet. Nach einer etwas abgeänderten Formel ist:

$$\log. p = \frac{5{,}1059\ t\ (420{,}53 + t)}{(274{,}24 + t)^2}.$$

Beide stellen die durch Versuche erhaltenen Grössen sehr gut dar, die letzte am besten, wie eine berechnete Tabelle zeigt, und sollen selbst auch mit den bei niederen Temperaturen gefundenen Elasticitäten sehr genau übereinstimmen.

An diese Arbeit schliesst sich eine ähnliche von CLAPEYRON[2], welcher auf dem von POISSON (Bd. II. S. 308. Bd. X. S. 753) betretenen Wege von der Richtigkeit des Mariotte'schen Gesetzes und des von GAY-LUSSAC aufgefundenen von der gleichmässigen Ausdehnung gasförmiger Körper auf theoretischem Wege analytische Ausdrücke für das Verhalten der Dämpfe findet. Wenn POISSON das Gesetz, dass das Verhältniss der specifischen Wärmen bei constantem Drucke und bei constantem Volumen unabhängig von der Temperatur und dem

1 Poggendorff Ann. Bd. LIII. S. 225.

2 Journal de l'école polyt. T. XIV. p. 170. Poggendorff Ann. Bd. LIX. S. 446. 566.

Drucke sey, auch auf die Dämpfe anwandte, so dürfte hierin der Grund liegen, dass seine Formeln über das Verhalten des Wasserdampfes mit der Erfahrung nicht übereinstimmen, wie er selbst erkannte; CLAPEYRON aber, dessen Formel über die specifische Wärme der Gase (Bd. X. S. 754) den Resultaten der Versuche sehr angemessen ist, entnahm von S. CARNOT [1] den Satz, dass die bewegende Kraft, welche eine elastische Flüssigkeit, eben wie jeder andere Körper, durch Vermehrung oder Verminderung seiner Temperatur ausübe, als eine Function der Wärme zu betrachten sey. Weit einfacher und lichtvoller ist so eben dieses Problem behandelt worden durch C. HOLTZMANN [2]. Dieser zeigt, wie die Wirkung der zu einem Gase tretenden Wärme durch einen mechanischen Effect, d. h. durch ein zu einer gewissen Höhe gehobenes Gewicht dargestellt werden kann, und indem er diese Wirkung als willkürliches Mass der Wärme betrachtet, gelangt er zu einem Ausdrucke für die Wärmemenge, die in einer Quantität Gas bei bestimmtem Drucke und bestimmter Temperatur enthalten ist. Als Wärmeeinheit dient diejenige Wärme, welche bei ihrem Zutritt zu einem Gase die mechanische Arbeit = a zu leisten oder welche a Kilogramme auf 1 MeterHöhe zu heben vermag. Die sehr einfachen, auf diesem Wege gefundenen analytischen Ausdrücke für die latente Wärme der Dämpfe, die specifische der Gase, die Elasticität und Dichtigkeit der Dämpfe und die Vergleichung der theoretischen Bestimmungen mit den durch Erfahrung bisher erhaltenen muss ich der Kürze wegen übergehen; sie verdienen aber von allen denen beachtet zu werden, welche sich künftig mit diesen Problemen beschäftigen.

Ueber die Erwärmung der Bäder durch Wasserdampf hat GUEYMARD [3] eine ausführliche Abhandlung bekannt gemacht.

Wärmeatmosphäre der Gase. I. 126.

Wärmemesser. S. **Thermometer.** IX. 875.

Wärmesammler. Feuersammler, Condensator der Wärme. X. 1179.

Wärmestrahlung. Ursache des Thauens. IX. 686. 699. im Allgemeinen. X. 180 ff.

1 Réflexions sur la puissance motrice du feu. 1824.

2 Ueber die Wärme und Elasticität der Gase und Dämpfe. Mannh. 1844. 8.

3 Ann. des Mines. 2me Sér. T. V. p. 358.

Zus. Die Theorie der Wahrscheinlichkeitsrechnung und deren Behandlung durch die früheren Gelehrten ist einer umfangenden und gründlichen Kritik unterworfen worden durch J. F. FRIES[1].

1 Versuch einer Kritik der Principien der Wahrscheinlichkeitsrechnung. 1842. 8.

Zus. AMICI hat eine Wasserwaage construirt, welche dem von KATER erfundenen Collimator nachgebildet ist und durch eine kurze Beschreibung sich leicht vollkommen deutlich machen lässt. Sie besteht aus einem nur 1 Zoll langen Galilei'schen, auf einem kleinen eisernen Schiffchen befestigten achromatischen Fernrohre von viermaliger Vergrösserung, mit einem einzigen horizontalen Spinnenfaden, mittelst dessen man visiren kann, während das Fernrohr stets die horizontale Lage dadurch behält, dass das Schiffchen auf reinem Quecksilber in einem kleinen Kästchen schwimmt. Am wesentlichsten und der Beachtung werth ist der Umstand, dass AMICI den Spinnefaden im Galilei'schen Fernrohre anzubringen vermochte, indem er die Ocularlinse convex schliff, mit einer für die Pupille hinlänglich grossen Concavität in der Mitte. POGGENDORFF [1], welcher das

[1] Dessen Ann. Bd. XXVIII. S. 108.

niedliche und wegen seiner Kleinheit sehr bequeme Instrument gesehn, äussert sich sehr günstig über dessen grosse Genauigkeit; auch ist dasselbe gewiss zum praktischen Gebrauche sehr geeignet, wenn man nur das Quecksilber gegen Staub und Nässe, das schwimmende Schüsselchen aber gegen Rost sichert.

Zus. Die merkwürdige Eigenschaft des Oels, die Meereswellen zu stillen, die oben (Bd. VI. S. 1750 ff.) ausführlich

erörtert wurde, ist durch A. van Beek[1] abermals einer genauen Untersuchung unterworfen worden. Ausser den beigebrachten Erfahrungen erwähnt er noch folgende: Staunton[2] fand die Sitte, durch ausgegossenes Oel den Schutzgeistern der Küste zu opfern, um eine glückliche Ueberfahrt zu erhalten, bei den Chinesen; der Abbé Mann[3] untersuchte die Sache theoretisch und stellte an der flandrischen Küste Versuche an, die sehr überzeugende Resultate gaben, weswegen er auch meint, man würde die Brandung dadurch besänftigen können. In Russland stellte Osoreskowsky Versuche auf dem Onega-See an und erprobte die wellenbesänftigende Kraft des Oels, und eben dieses geschah durch P. van Leeuw[4] auf dem Harlemer Meere. Eine Menge Beispiele, dass dieses Mittel von den älteren und neueren Seefahrern mit dem besten Erfolge angewandt wurde, erzählt Franz van Lelyveld in einem diesem Gegenstande eigens gewidmeten Werke[5]. Van Beek erwähnt ausser mehreren zu Gunsten der Wirkungen des Oels sprechenden, ihm bekannt gewordenen Thatsachen auch, dass ein gewisser P. van Griethuizen vorgeschlagen habe, die Teiche bei heftigen Stürmen durch ausgegossenes Oel zu schützen, welchen Vorschlag Moll vollkommen billigte. Mit dieser Kraft des Oels setzt van Beek eine andere in Verbindung, dass es nämlich die See durchsichtiger macht, was allerdings dann erfolgen muss, wenn die Oberfläche des Wassers durch den über sie hinstreichenden Wind nicht gekräuselt wird. Die Alten kannten dieses Mittel, die Fischer bei Gibraltar benutzten es, um die grossen Austern zu sehn, und nach Franklin nehmen die Taucher des mittelländischen Meeres Oel in den Mund, welches sie in Partieen ausspeien, um besser zu sehn. Die Ursache hiervon soll darin liegen, dass die sich stets mehr ausbreitende Oelschicht, die deswegen auch Newton'sche Far-

---

1 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. IV. p. 257. Poggendorff Ann. Bd. LVII. S. 419.

2 Voyage dans l'Intérieur de la Chine etc. par Lord Macartney. Par. 1793. T. III. p. 305.

3 Mém. de l'Acad. Imp. et Roy. des Sc. de Bruxelles. 1780. T. II. p. 257.

4 Allgemeene Konst en Letterbode. 1837. N. 10. p. 157.

5 Berigten en Prysvragen over het storten van Olie, Traan, Teer of andere dryvende Stoffen in Zeegevaren. Leyden 1775.

ben zeigt, zuletzt so dünn wird, dass sie gar kein Licht mehr reflectirt; allein dann müsste der Fleck, von oben betrachtet, schwarz erscheinen, was nicht der Fall ist. In Beziehung auf das Hauptphänomen, die besänftigende Kraft des Oels, tritt VAN BEEK der gegebenen Erklärung bei. Inzwischen hat man nach einer späteren Nachricht Versuche an den holländischen Küsten angestellt, die aber keineswegs den erwarteten Erfolg zeigten.

Um die Tiefe zu ermitteln, bis zu welcher sich die Wellenbewegung erstreckt, senkte AIMÉ[1] auf der Rhede von Algier einen Apparat auf den Boden des Meeres hinab, bei welchem ein durch das wellenschlagende Wasser bewegter Schwimmer mit seiner Spitze Spuren seiner Bewegung in einer Bleiplatte zurückliess. Als die Wellen keine grössere Höhe, als etwa 0,6 Meter erreicht hatten, zeigte der bis 18 Meter tief eingesenkte Apparat noch Spuren der bis zu dieser Tiefe stattgefundenen Bewegung, in 28 Meter Tiefe aber fehlten sie. Wiederholte Versuche ergaben, dass die Wellen, wenn sie auf der Oberfläche 3 Meter Höhe erreichen, nicht über 40 Meter Tiefe ihre Bewegung erstrecken. Dieses Resultat kann aber nicht als durchaus gültig erscheinen, denn da die horizontale Bewegung der die Wellen bildenden Wassertheilchen, so wie die verticale, mit der Tiefe abnimmt, so konnten sie in der gegebenen Tiefe zu schwach seyn, um den schweren Schwimmer gehörig zu bewegen. Weit hiervon abweichende Resultate erhielt daher SIAU[2], indem er die stattgefundene Wellenbewegung aus dem in der Tiefe fortgetriebenen Sande folgerte, den er mittelst eines mit Unschlitt überzogenen Senkbleies heraufholte. Die grösste mit Sicherheit gemessene Tiefe auf der Rhede von St. Paul, bis in welche sich die Wellenbewegung erstreckt, betrug 188 Meter (578 F.). ELIE DE BEAUMONT bemerkte hierzu, dass diese Tiefe derjenigen sehr nahe komme, in welcher man noch Polypen finde, denen durch die Bewegung des Wassers Nahrung zugeführt werden müsse, und die man auf etwa 200 Meter setzen könne, Corallen aber fän-

---

1 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. V. p. 417. Poggendorff Ann. Bd. LVII. S. 584.

2 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. II. p. 118. Poggendorff Ann. a. a. O. S. 598.

den sich bei Bona nach der Versicherung der Fischer noch in 244 Meter Tiefe, und bei Grönland habe ELLIS freie Madreporen aus 420 Meter Tiefe aufgefischt.

Zus. Den genannten sind noch beizuzählen D'ENTRECASTEAUX um 1791, BILLINGHAUSEN um 1820, DUPERREY um 1822, DUMONT D'URVILLE von 1826 bis 1829 und mehrere Andere, indem Weltumseglungen nach dem Verschwinden der früheren Schwierigkeiten gegenwärtig unter die gewöhnlichen Ereignisse gehören.

Zus. Neuerdings ist zur Auffindung der Gesetze des Widerstandes eine schätzbare Reihe von Versuchen durch DUCHEMIN[1] angestellt worden, wobei er namentlich beim Wasser die Bahn der vom bewegten festen Körper verdrängten Massen aufsuchte und hiernach ihre Wirkungen berechnete. Die von ihm entwickelten Formeln stimmen nicht bloss mit diesen, sondern auch mit den aus früheren Erfahrungen gefundenen Resultaten besser überein, als dieses meistens bisher der Fall war.

---

1 Experimentaluntersuchungen über die Gesetze des Widerstandes der Flüssigkeiten vom Colonel DUCHEMIN. Deutsch herausgegeben von Dr. H. C. SCHNUSE. Braunschw. 1844. 8.

Zus. Ein Sturm, welcher am 19. Sept. 1844 zu Escalquens unweit Toulouse grosse Verheerungen anrichtete, wird von CHAMBON[1] als Wettersäule beschrieben, worauf jedoch hauptsächlich nur die Drehung der Windrichtung und die nicht näher bezeichnete schlauchartig herabhängende Wolke deutet. Die Wirkungen glichen übrigens denen der Wettersäulen. Ausser den Verheerungen der Maisfelder, dem Ausreissen und Verdrehen der Bäume, dem Fortführen der Dachziegel, Latten und Balken bis auf 700 Meter Entfernung war besonders merkwürdig, dass eine über die Kuppel eines Taubenhauses hervorragende, 1,5 Meter lange eiserne Stange weggerissen und fast 200 Met. weit fortgetragen wurde, wobei sich sogar die Löthungen einer Schüssel aus Zink am unteren Theile dieser Stange und eine Quersprosse am oberen geschmolzen zeigten. Das Geflügel der Meierei war fortgerissen und durch die umhergeschleuderten Ziegel und Balken oder auch, wie CHAMBON meint, durch Elektricität getödtet worden. Ein junger Mensch von 13 Jahren ward durch den Sturmwind aufgehoben und fortgetragen, suchte sich vergebens an den Zweigen der Bäume zu halten, gelangte etliche Mal zur Erde, wurde aber wieder aufgehoben, kam jedoch ohne Beschädigung davon; ein älterer von 30 Jahren aber, welcher aus einem Schuppen entfloh, erhielt durch die fliegenden Dachziegel und Balken bedeutende Verletzungen. Auch in diesem Falle hob sich die Trombe mehrmals, indem sie über einige Strecken ohne Verwüstungen hinstrich, Regen fehlte gänzlich zu Escalquens, zu Toulouse donnerte es und dabei fiel Hagel und eine dort ganz unerhörte Menge Regen. Alle die Verheerung beobachtenden Zeugen hatten das unausgesetzte Brausen gehört, Feuer aber wollten nur einige entferntere Beobachter in der Trombe gesehn haben; die beiden von derselben fortgerissenen Personen hatten nichts der Art wahrgenommen.

Ausserdem richtete eine Trombe am 22. Oct. 1844 zu Cette

1 Compt. rend. T. XIX. p. 851.

grosse Verheerung an. Aus den Erscheinungen, die sie darbot, glaubt PELTIER[1] die Folgerung ableiten zu müssen, dass diese Meteore bloss durch Elektricität erzeugt werden, indem Luftströmungen von entgegengesetzter Richtung zwar wohl über einander hingehn, auf keine Weise aber gegen einander stossen und dadurch in eine drehende Bewegung versetzt werden könnten. Neue Argumente zur Unterstützung seiner Hypothese und eine genauere Bezeichnung der eigenthümlichen Wirkungsweise der Elektricität bei diesen Phänomenen bringt er übrigens nicht bei.

---

1 Compt. rend. T. XIX. p. 1210.

MANN[1] angegeben, welches hier erwähnt zu werden verdient. Der Beobachter befinde sich auf einem erhabenen Orte P, einem Hause, Thurme oder Hügel, und habe zur Benutzung einen Teich oder einen künstlichen Horizont M M′, die Wolke oder vielmehr ein kenntlicher Punct derselben befinde sich in N und es werde mit einem Winkelinstrumente der Winkel e und der Winkel d gemessen. Weil dann der Winkel 1 = 2 e ist, so ist im Dreieck auch der Winkel N bekannt, welcher zwar in der Regel klein seyn und dadurch das Resultat minder sicher geben wird, doch aber durch Schärfe der Messung der Winkel e und d sehr genau gefunden werden kann. Es lässt sich endlich nach Umständen mit grösserer oder geringerer Schärfe die Linie P S oder S I messen; zuweilen würde man auch beide zu messen und also die Linie P I mit desto grösserer Schärfe zu bestimmen vermögen. Ist dieses geschehn, so hat man:

Fig. 56.

$$I N = P I \frac{\sin. d}{\sin. (180^0 - 1 - d)},$$

$$N Q = I N. \sin. (90^0 - e).$$

Zus. RITTER[2] selbst erklärte die Wünschelruthe noch vor seinem Tode für ein Erzeugniss des Aberglaubens und ihre Erscheinungen für nichtig. Unbezweifelt aber hat er sowohl, als auch C. U. v. SALIS die phantastischen Behauptungen AMORETTI's in Schutz genommen[3].

---

1 Bulletin de la Soc. Vandoise. N. II. p. 22. Poggendorff Ann. Bd. LVI. S. 635.

2 Ann. de Chim. T. LXXII. p. 336.

3 S. phys. und historische Untersuchungen über die Rhabdomantie oder animalische Elektrometrie von C. AMORETTI. A. d. It. von C. U. von SALIS mit ergänzenden Abhandlungen von J. W. RITTER. Berl. 1809. I. (und einziger) Bd. 8.

X.

Y.

Z.

Zus. Dieser Artikel ist bei der Bearbeitung der optischen Aufgaben vergessen und, dass dieses geschehn, von mir nicht bemerkt worden, weswegen ich der Vollständigkeit wegen das Wesentlichste hier nachhole, was um so leichter geschehn kann, als die Theorie schon im Artikel Sonnenmikroskop enthalten ist, wovon die Zauberlaterne nur eine Abart bildet.

Dass SCHWENTER[1] von der Zauberlaterne rede, wie OZANAM[2] meint, ist nicht der Fall, vielmehr redet er bloss von den Bildern eines Hohlspiegels, welche allerdings anfangs auch für die Zauberlaterne dienten. Der eigentliche Erfinder ist ohne Zweifel ATHANASIUS KIRCHER[3], welcher bereits die Bilder auf

1 Mathemat. Erquickungsstunden. 6te Aufl. Nürnb. 1651. 4. Aufg. 31.
2 Recreat. math. T. III. p. 247.
3 Ars magna lucis et umbrae. Rom. 1646. Fol. p. 915. 2te Aufl. Amst. 1671. TH. YOUNG in Lectures on Nat. Phil. T. I. p. 473. T. II. p. 323 giebt an, ROGER BACO habe schon im Jahre 1252 die Zauberlaterne erfunden; ich kann aber nicht untersuchen, ob und inwiefern dieses gegründet sey.

Glasscheiben gebrauchte und daher sicher die jetzige eigentliche Zauberlaterne kannte. Wesentliche Verbesserungen, mit Ausnahme besserer Linsen und Hohlspiegel und vollendeterer Mechanismen, sind später nicht hinzugekommen, genauere Beschreibungen aber findet man in den Werken von ZAHN[1], HERTEL[2], LEUTMANN[3], DOPPELMAYR[4] und vorzüglich s'GRAVESANDE[5]. Der Gebrauch eines mit einem Loche in der Mitte versehenen Hohlspiegels nach der Angabe L. EULER's[6] ist nicht zur Anwendung gekommen, die späteren Schriftsteller aber haben aus den genannten Quellen geschöpft. Verschiedene später bekannt gemachte Anweisungen der Verfertigung und des praktischen Gebrauchs namhaft zu machen scheint mir unnöthig, und ich bemerke nur, dass THOMAS YOUNG[7] ihre Einrichtung und Wirkungsweise ausführlich beschreibt.

Die Einrichtung der Zauberlaterne ist keine andere, als die des Lampenmikroskops (Bd. VI. S. 2254), dessen Erfindung aus der des Sonnenmikroskops, sowie dieses wieder aus der Zauberlaterne hervorging. Letztere wird daher erhalten, wenn man (Bd. VI. Fig. 305) die Axe des Hohlspiegels G H in die der Linsengläser fallen lässt, in den Brennpunct F dieses Spiegels eine Lampe stellt, deren vom Spiegel reflectirte parallele Strahlen auf das Object a b fallen, von hier aus durch die Linse K convergirend gemacht sich durchkreuzen, durch die in der Regel nur einfachen Linsen A und B fallen und das vergrösserte Bild $\alpha\ \beta$ geben. Die einfachen Apparate bestehn daher aus einem in einem Kasten befindlichen Hohlspiegel mit zugehöriger Lampe, aus transparent auf Glas gemalten Bildern und aus zwei Linsen in einer Röhre. Die Construction erlaubt, die Bilder dicht an die erste Linse, zwischen diese und die Lampe des Hohlspiegels, zu bringen, die zweite Linse lässt sich dann der ersten mehr nähern oder weiter davon entfernen, wodurch man die erzeugten Bilder vergrössern

1 Oculus artificialis teledioptricus. Herbip. 1685. Fol. ed. sec. Norimb. 1702. Fol. p. 726.

2 Vom Glasschleifen. Th. II. Cap. 6.

3 Anmerkungen vom Glasschleifen. Cap. 10.

4 Weitere Eröffnung der Bion'schen mathem. Werkschule. S. 47.

5 Phys. elementa mathem. T. II. p. 873.

6 Nov. Comm. Petrop. T. III. p. 363.

7 Lectures on natural philos. T. I. p. 426.

und verkleinern, auch ganz verschwinden machen kann. Die erzeugten Bilder werden von einer reflectirenden Wand aufgefangen, besser aber von einem durchscheinenden taffetnen Schirme, welcher die Täuschung vermehrt und daher nach YOUNG's Ausdrucke eine sehr interessante Unterhaltung für Kinder gewährt. Fällt das Bild nicht auf eine gerade Ebene, sondern wird es vom Rauche aufgefangen, so liegen seine einzelnen Theile nicht in einer geraden Ebene, sondern hinter einander, und scheinen sich zu bewegen, wodurch das Phänomen geisterartig wird und in die sogenannte Phantasmagorie (Bd. VII. S. 464) übergeht. Da die Lichtstrahlen bei der Erzeugung der Bilder der Vergrösserung wegen sehr ausgebreitet werden, so erleiden sie dadurch eine bedeutende Schwächung, und man muss daher für starke Beleuchtung sorgen; ausserdem aber werden die Erscheinungen nur in dunklen Zimmern gezeigt, wo das Auge für schwächere Lichteindrücke empfindlich ist. Die Bilder sind auf den Glasscheiben mit transparenten Farben gemalt, alle übrigen Stellen aber mit einem undurchsichtigen Firniss überzogen; auch kann man mehrere Figuren hintereinander anbringen und durch Bewegung derselben eine Bewegung der dargestellten Gegenstände täuschend nachbilden. Die erforderliche grössere oder geringere Lichtmenge räth YOUNG durch partielle Bedeckung der Flamme zu bewerkstelligen. Bilder undurchsichtiger Gegenstände auf gleiche Weise als mittelst des Sonnen- und Lampenmikroskops darzustellen vermochte schon PORTA, auch können hierzu lebende und sich bewegende Gegenstände dienen, nur müssen sie dann, wie YOUNG bemerkt, sich in grösserer Entfernung befinden, weil sonst die Lichtstrahlen, die nicht von Puncten in einer Ebene ausgehn, nicht in einer Ebene vereinigt werden können; auch wird noch eine weitere Linse erfordert, um die verkehrten Bilder wieder gerade zu stellen. Dieser und wohl noch sonstiger Hülfsmittel bediente sich ohne Zweifel ROBERTSON bei seinen phantasmagorischen Darstellungen zu Paris [1].

---

1 Vergl. Brisson Dict. rais. de Phys. art. Lanterne magique.

Ende des Sachregisters.

